Anno IV. TORINO, Settembre 1910. Num. 9.

# RIVISTA DI ASTRONOMIA
## E SCIENZE AFFINI

**Bollettino della Società Astronomica Italiana**

EDITO DALLA STESSA

Sede Principale: **TORINO, Via Maria Vittoria, num. 23**

**presso la Società Fotografica Subalpina**



TORINO

TIPOGRAFIA G. U. CASSONE

*Via della Zecca, 11.*

1910.

# SOCIETÀ ASTRONOMICA ITALIANA = TORINO =
Via Maria Vittoria, N. 23

presso la **SOCIETÀ FOTOGRAFICA SUBALPINA**

Fondata nel 1906




## Avviso relativo alla Corrispondenza della Società.

1° L'invio delle quote sociali, degli abbonamenti alla Rivista, delle inserzioni, ecc. deve essere fatto al *Tesoriere* dottor FELICE MASINO, via Maria Vittoria, num. 6, Torino.

2° Per la redazione della Rivista e per l'ordinaria amministrazione della Società, indirizzare la corrispondenza al *Segretario* dott. VITTORIO FONTANA, Palazzo Madama, Torino.
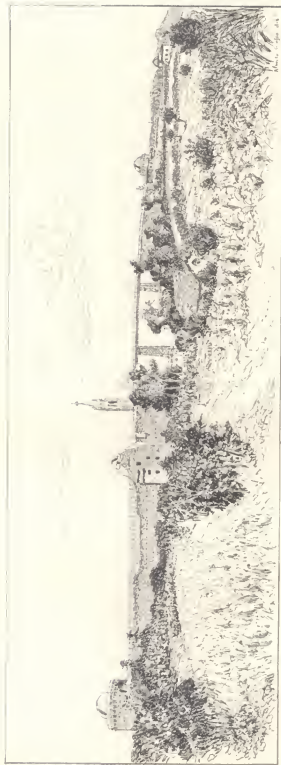
Tavola I. — Veduta generale della Specola vaticana.

Anno IV. Torino, Settembre 1910. Num. 9.

RIVISTA DI ASTRONOMIA
E SCIENZE AFFINI

Bollettino della Società Astronomica Italiana
(edito dalla stessa)

Abbonamento per Italia ed Estero L. 12 all'anno
Un fascicolo separato L. 1.

Direzione: *TORINO, Via Maria Vittoria, num. 23*
presso la Società Fotografica Subalpina

*Deposito* per l'Italia: Ditta G. B. Paravia e Comp. (Figli di I. Vigliardi-Paravia)
Torino-Roma-Milano-Firenze-Napoli.
„ per l'Estero: A. Hermann, Libraire-éditeur, rue de la Sorbonne, 6, Paris.

# LA SPECOLA VATICANA

Entro la torre « dei venti » o torre « gregoriana » eretta da Gregorio XIII, Boncompagni, a cavaliere dei due magnifici cortili del Belvedere e della Pigna, Ignazio Danti tracciò (attorno al 1580) una meridiana, per dimostrare al papa che l'equinozio di primavera non stava più nella sede assegnatagli dal concilio di Nicea, vale a dire al 20-21 marzo, ma anticipava ormai di dieci giorni. Alla meridiana si aggiunsero in breve parecchi strumenti portatili, come quadranti, bussole e triquetri, e si parlò fin da allora di una *specola vaticana*. In un documento di quell'epoca, che si conserva nell'archivio segreto, si legge che « la specola è eretta in Vaticano, mentre in Uraniborgo osserva Ticone » il quale raffronto ci fa capire in quanta considerazione fosse tenuta la specola in quei primi tempi della sua esistenza. Vi lavorò il gesuita Clavio, incaricato dal papa di concretare una buona volta la tanto desiderata riforma del Calendario, ed i suoi studi consisterono precipuamente nell'indagare come le tavole *pruteniche* rappresentassero i movimenti del Sole. Queste tavole erano dedotte dall'*ipotesi* copernicana del moto eliocentrico della Terra (*una ipotesi che semplifica i calcoli*, diceva Clavio) ed avrebbero dovuto avvicinarsi alla verità assai più delle antiche tavole *alfonsine*, tratte dalla dottrina tolemaica. Ma disgraziatamente le in-

quinava un errore fondamentale, in cui Copernico era incorso: quello dell'attribuire alla precessione degli equinozî un'anomalìa di periodo millenario, mentre, come ora sappiamo, detta anomalìa o piuttosto variazione di velocità dei punti equinoziali lungo l'eclittica, nasce preci-

La torre dei venti.

puamente dalla nutazione dell'asse terrestre, ed ha quindi un periodo brevissimo, di appena 19 anni. In forza di tale errore, le tavole *prut-eniche* davano gli equinozî meno esattamente delle *alfonsine*! L'esser ciò stato osservato dagli astronomi papali non meno che da Tycho, fu per la riforma del Calendario una cosa di gran momento, poichè il Clavio ne fu tratto a dubitare così della pretesa anomalìa della precessione,

come della conseguente lentissima (1) variazione dell'anno tropico, e si generò in lui la convinzione, pienamente sanzionata dai progressi ulteriori dell'astronomia, che a base del Calendario potesse e dovesse mettersi un anno tropico, assunto come costante. Egli scelse a ciò l'anno *alfonsino* tanto più sicuramente in quanto questo teneva il giusto mezzo fra l'anno *massimo* e l'anno *minimo* di Copernico.

Sull'alto della facciata della torre gregoriana si vede scolpito un drago colossale, stemma dei Boncompagni: un altro drago è dipinto in un an-

Sala del Calendario. — La meridiana di Ignazio Danti.
Pitture degli Zuccari.

golo della sala della meridiana. In questa sala il papa accolse dai suoi astronomi la proposta della bella e semplice riforma che doveva diventare tosto legge — sotto pena di scomunica — per il mondo cattolico.

---

(1) Non si tratta qui delle insignificanti variazioni dell'anno tropico, riconosciute dalla moderna meccanica celeste, e consistenti, per il tempo presente, in una diminuzione di mezzo secondo ogni secolo. Il ciclo dell'anomalia copernicana abbracciava 1715 anni, e l'anno vi variava di ben $12^m\ 42^s$, dalla durata minima alla massima, e viceversa. Sarebbero stati *anni massimi* quelli attorno all'epoca in cui il Calendario fu riformato: gli *anni minimi* sarebbero venuti nel 26° secolo. Chi legge *inter lineas* le due opere del Clavio, sul Calendario, segnatamente l'« Apologia », capisce che a tale teoria (nella quale è per altro da ravvisare una prima imperfettissima idea degli effetti dell'appena intravvista *nutazione*) egli non aderiva, quantunque, di fronte al contraddittore Maestlino, mostrasse di adottarla, e ciò per meglio dimostrare la falsità delle conseguenze che questi voleva trarne contro la effettuata riforma del Calendario.

Dall'epoca della prima fondazione della specola vaticana a quella della sua rinascenza, cioè da Gregorio XIII a Leone XIII passarono tre secoli, nei quali l'attività originaria rapidamente decadde, e solo a grandi intervalli la specola venne dando qualche segno di vita. Nel 1703 fu impiantato nella torre, per ordine di Clemente XI, un Osservatorio sismico del quale vive il ricordo in una curiosa storiella. Alcuni ladri, travestiti da palafrenieri del papa, corsero, la notte del 4 al 5 febbraio di quell'anno, per le case dei cardinali, annunziando da parte del sismologo vaticano l'avvicinarsi di una forte scossa. Naturalmente le case si vuotarono, in un baleno, di padroni e di servitori, e vi rimasero indisturbati i ladri a far bottino. Il sismologo si chiamava Banchieri, ed aveva fatto credere al papa di essere in grado di presentire i terremoti mezz'ora prima, mediante certe osservazioni di cui si guardò di comunicare ad altri il segreto.

Nella prima metà del secolo xviii visse in Roma il Campani, celebre costruttore di telescopi, al quale furono ordinati istrumenti dai principali Osservatori di Europa, non escluso quello di Parigi. Erano istrumenti lunghissimi e tutt'altro che facili a montarsi e a maneggiarsi. Chi a Roma seppe egregiamente servirsene, tanto da farvi scoperte importanti sulla Luna e su Venere, fu il veronese Bianchini, che li descrisse e rappresentò nella sua opera « Hesperi et Phosphori nova phaenomena ». Non è inverosimile che taluno di questi cannocchiali fosse dal Bianchini stesso impiantato nei cortili vaticani, poichè egli fu poco meno che astronomo di Corte. Resta a ricordo di lui, in Roma, la splendida meridiana di S. Maria degli Angeli, costruita per ordine di Clemente XI, nello intento di avere uno gnomone più alto e quindi più preciso di quello di Ignazio Danti.

Il primo cannocchiale vaticano di cui si conservi memoria certa fu un acromatico del Dollond che il bibliotecario card. Zelada fece venire dall'Inghilterra nel 1780. Questo grande estimatore degli studi astronomici avrebbe voluto rimettere a nuovo la specola, ma la cosa gli venne sconsigliata dagli astronomi, in considerazione della troppo grande vicinanza della cupola di S. Pietro, la quale toglie alla « torre dei venti » una buona parte del cielo quasi in meridiano. Fu allora che il gesuita Boscovich mise innanzi l'idea di trasportare al Collegio Romano l'Osservatorio astronomico, lasciando nella torre solo gli istrumenti magnetici e meteorologici, idea che lo Zelada gradì e fece gradire a Pio VI. S

ebbe così in Roma un primo esempio, non ancora mai abbastanza imitato, di separazione dell'astronomia dalla meteorologia.

Nella torre dei venti si stabilì come osservatore Filippo Gilii e v'impiantò un vero e proprio *servizio meteorologico*. Tolto l'antico e rugginoso anemoscopio in forma di drago, che era stato messo sopra la torre ai tempi di Gregorio XIII, vi sostituì, per l'indicazione dei venti, uno strumento più perfezionato. Inoltre montò termometri, barometri, pluviometri, ecc. e mise insieme una preziosa collezione di storia naturale. Le sue osservazioni più importanti, e che hanno conservato un valore anche

La meridiana di Filippo Gilii.

per la scienza odierna, furono quelle sulla declinazione dell'ago calamitato, fatte con una bussola di 8 pollici. Fu mirabile l'assiduità del Gilii in tali osservazioni, che abbracciano il periodo dal 1800 al 1821, fortunosissimo per vicende politiche. Gilii morì appunto nel 1821. Ebbe una grande passione per le meridiane: ne fece una nella sala della torre, che sta sopra a quella della meridiana del Danti, una seconda sul prospetto orientale della specola, una terza nel finestrone delle campane di S. Pietro, una quarta sul piano del parapetto di un viale, nel giardino vaticano, una quinta in piazza S. Pietro, ove utilizzò come gnomone il celebre obelisco monolitico. Quest'ultima è del 1817. La morte lo incolse quando egli pensava ad una sesta meridiana, da condursi entro la navata trasversa del S. Pietro, una meridiana che avrebbe eclissato per importanza e magnificenza lo stesso *gnomone clementino* di Santa Maria

degli Angeli. La gnomonica seguitava ad essere *pars magna* dell'astronomia di allora e il pesante codice del Clavio non giaceva polveroso, come oggi, nelle Biblioteche...

All'Esposizione vaticana del 1888 avevano figurato parecchi strumenti di astronomia e meteorologia, mandati in dono a Leone XIII in occasione del suo giubileo sacerdotale. Chiusa l'Esposizione, i padri Denza e Lais che ne avevano ordinata la sezione scientifica, si domandarono: che ne farà il Papa di tutti questi istrumenti? Si ricordarono allora della torre dei venti e dell'antica specola. Non sarebbe bene che l'Osservatorio meteoro-magnetico del Gilii rinascesse? Ma c'era una difficoltà da risolvere prima ancora di parlarne al Papa. L'appartamento della torre gregoriana era occupato dal Maggiordomo e bisognava assicurarsi che non gli dispiacesse di sloggiare. Lais andò a intervistarlo. « Vi cedo ben volentieri l'appartamento » rispose Monsignore. « Esso ha bisogno di « restauri, ed il rimettervi l'Osservatorio servirà a sollecitarli ». Assicuratosi l'assenso del Maggiordomo, gli astronomi non trovarono difficoltà nel far gradire al Papa la loro idea. Leone XIII era uomo dottissimo e geniale e la coltura classica onde era ricco, lo predisponeva in modo tutto speciale a favore di Urania. Bastò ricordargli Ignazio Danti, Clavio, la riforma del calendario, ecc., ecc., perchè la specola in Vaticano non gli sembrasse, come a parecchi sembrava, una stonatura. Di lì a pochi giorni, il Maggiordomo aveva ricevuto un nuovo alloggio e i lavori di restauro della Gregoriana erano intrapresi... Senonchè, montati gli strumenti, quasi tutti di meteorologia, l'Osservatorio apparve cosa meschina, e quando il Papa salì a visitarlo, si capì che non ne aveva ricevuto una troppo favorevole impressione. Evidentemente egli si aspettava ben altro, onde Lais e Denza furono felicissimi di potergli fare dopo pochi giorni una nuova proposta: quella di un Osservatorio astronomico vero e proprio, ed anzi un Osservatorio capace di prendere parte ai lavori internazionali della Carta del Cielo. Di questa grande impresa scientifica Leone XIII aveva sentito parlare qualche anno prima dallo stesso ammiraglio Mouchez che ne era stato l'ideatore e l'iniziatore, in occasione che questi, passando per Roma, era andato a visitarlo. Il Papa, pur non essendo astronomo, aveva capita tutta l'importanza del lavoro, onde l'idea di parteciparvi, manifestatagli dai suoi astronomi, gli sembrò splendida. Pertanto Lais e Denza furono da esso incaricati di recarsi al Congresso astrografico di Parigi, che era indetto appunto per quei giorni e fare iscri-

vere la specola vaticana fra le partecipanti all'impresa. L'ammiraglio Mouchez si dichiarò subito favorevole al desiderio del Papa, ma per ragione di delicatezza, consigliò ai delegati vaticani che la proposta fosse presentata al Congresso, non da lui, Mouchez, bensì da qualche altro astronomo. Se ne incaricò, infatti, mons. Spee, rappresentante dell'Osservatorio di Bruxelles e stato già assistente di Secchi al Collegio Romano. Alla seduta in cui fu annunziato il desiderio del Papa, assistettero come semplici invitati, e senza diritto a parlare, i due delegati vaticani. Uno solo dei congressisti, il Tacchini, rappresentante del Governo italiano, parlò contro l'accettazione, dichiarando di non sapere, pur vivendo a Roma, che ci fosse un Osservatorio in Vaticano. Egli s'immaginava forse che la Carta celeste dovesse essere terminata in 4 o 5 anni, quanti non ne sarebbero bastati per la costruzione e l'esercizio di una specola. Ma non trovò aderenti, e messa ai voti la proposta, con l'invito a chi l'approvava, di alzarsi, fu il solo che rimase a sedere.

Lo stesso giorno gli astronomi vaticani commettevano ai fratelli Henry i due obbiettivi, fotografico e visuale, e al Gautier la montatura del doppio refrattore.

Tornati, poscia, a Roma, si affrettarono a far conoscere al Papa che la torre gregoriana non bastava all'Osservatorio e che bisognava che questo disponesse anche della torre *leonina*.

Era un gran sacrifizio quello che gli chiedevano.

Nella leonina il Papa andava a trattenersi nelle ore più calde dell'estate, e vi componeva, al fresco, i suoi distici latini: ai piedi, poi, della torre c'era una piccola vigna alla cui coltivazione Sua Santità attendeva personalmente. Nondimeno, Leone XIII, in servizio della scienza, accondiscese anche questa volta, e cedette la torre agli astronomi, trasportando il suo *posapiede* in un'altra torre, più centrale, anch'essa appartenente al così detto « recinto leoniano ».

In breve vennero da Parigi gli istrumenti e la cupola di lamiera, opera del Gilon, con cui fu ricoperto il terrazzo della leonina. Sotto questa cupola fu montato il refrattore astrografico Henry-Gautier e verso la fine del 1893 Lais potè cominciare a fotografare la *zona vaticana*. Agli strumenti fotografici, montati nella leonina, si erano aggiunti altri strumenti astronomici, fra cui parecchi orologi a pendolo e un cannocchiale dei passaggi, provenienti dalla specola Montecuccoli di Modena, e montati nella torre gregoriana, che già, come si vide, accoglieva gli istrumenti di meteorologia. L'Osservatorio vaticano venne così a comporsi di due sezioni, la gregoriana e la leonina.

***

Quando, nel 1895, Lais mi condusse a visitare la specola, la distanza fra codeste due sezioni appariva come un inconveniente gravissimo. Visitata la torre gregoriana e i piccoli istrumenti ivi in funzione, bisognò ridiscendere in giardino e camminare un mezzo chilometro prima di arrivare ad ascendere sulla leonina. Non erano due Osservatori, ma due parti sconnesse di un Osservatorio senza centro. Seppi che nuovamente il Papa ne aveva ricevuto cattiva impressione, ma pure non era stato possibile far meglio, dal momento che s'erano dovute utilizzare le fabbriche esistenti. Insomma la specola si presentava come una cosa *rimediata* e provvisoria, e si comprendeva la necessità di sistemarla definitivamente con un edifizio nuovo che nessuno poteva, per altro, prevedere dove si sarebbe potuto o voluto fare.

Alla difficoltà topografica se ne aggiunse con la morte del Denza (1894) un'altra, riguardante il personale, che è stata una crisi piuttosto grave, durata più di un decennio. Essendosi Lais rifiutato di succedere a Denza, ad onta che il Papa glie ne avesse manifestato il desiderio, fu nominato direttore lo spagnuolo Rodriguez, agostiniano, che non era un astronomo ma un meteorologo. Si vuole che la sua scelta fosse suggerita a Papa Leone dal confessore mons. Pifferi, anch'esso agostiniano. Rodriguez aveva lasciato a malincuore l'Osservatorio meteorico dell'Escuriale, e a chi si congratulava di ritrovarlo a capo della specola vaticana, rispondeva modestamente di starci *per ubbidienza*. Intanto il lavoro che la specola erasi assunto a Parigi l'impegno di eseguire, era di punto in bianco più che raddoppiato, alla Carta celeste essendosi aggiunto il catalogo stellare. La parte fotografica, affidata al Lais, procedeva alacremente, ma la misura delle posizioni stellari sulle lastre, e la catalogazione, rimanevano stazionarie e appena sul principio. Ci fu un momento in cui sembrò che questa seconda parte dell'opera potesse essere assunta dal P. Boccardi, che era stato a Parigi ad istruirsi intorno al metodo di riduzione delle misure fatte sulle lastre, ed era tornato con un programma ben definito sul da farsi, ma le sue proposte non incontrarono il favore del Mocenni, cardinale sopraintendente alla specola. Questi pare che avesse un po' troppo a cuore l'economia e volesse far vedere al Papa che per l'esercizio della specola non occorreva una forte spesa, e bastasse, anzi, una dotazione annua assai inferiore alla somma che il Papa avrebbe voluto far stanziare. Fatto sta che al Boccardi mancarono i mezzi per impiantare il lavoro del Catalogo com'egli desiderava, onde egli, poco dopo la venuta del Rodriguez, abbandonò la specola.

***

Il periodo critico della specola vaticana si è felicemente chiuso nel 1907, quando per consiglio dell'em.° Maffi, succeduto nella sopraintendenza al Mocenni, Pio X ha dato la direzione dell'Osservatorio all'illustre Hagen. Questi si è associato un valentissimo collega, lo Stein. Con loro e con Lais, rimasto col titolo di *Vice-direttore* alle incombenze della Carta celeste, l'immane lavoro della Carta stessa e del Catalogo non potrà ormai *fallire a glorioso porto.*

Anche all'inconveniente del locale si è posto riparo nel migliore dei modi. Il lettore ricorda che Leone XIII aveva lasciata la torre leonina per collocare il suo posapiede in un'altra torre. Nel 1900 a questa fu appoggiato un nuovo edifizio chiamato *il villino*, ove Leone XIII passò l'estate dei suoi due ultimi anni. La torre venne a formare come il nucleo della nuova costruzione e nel suo vano superiore il Papa stabilì una sala per le udienze, facendovi dipingere, sulla volta, dal celebre Seitz, le costellazioni dello Zodiaco. È una pittura pregevolissima e fa profonda impressione per il modo come vi sono trattate le figure umane, i gemelli, la vergine, ecc. In mezzo si vede culminare il leone, in omaggio al nome del Papa. Le stelle vi sono rappresentate nel posto che effettivamente hanno in cielo quando il leone culmina, e per mettere esattamente a posto la polare, Seitz si servì di un cerchio graduato verticale che orientò per mezzo di una bussola.

Facendo abbellire in tal modo la torre, ed edificandole attorno il villino, Leone XIII fondò, senza saperlo, il nuovo centro della specola vaticana e rese possibile il riunire questa in un insieme organico, inappuntabile. Morto, infatti, Leone XIII, il nuovo Papa compì alla sua volta un atto di munificenza non minore di quello onde Leone XIII aveva rinunziato alla torre leonina. Egli cedette all'Osservatorio l'intero villino, compresa la torre, che per gratitudine degli astronomi è stata chiamata la *torre Pio X*, mentre il nome di *torre Leone XIII* è stato dato a quella che si era in passato chiamata *torre di Leone IV* o semplicemente *leonina*. In quanto alla torre gregoriana, essa ha cessato di far parte dell'Osservatorio, e vi è stata impiantata una sezione dell'archivio segreto.

Il nuovo Osservatorio che si svolge intero lungo il così detto *recinto leoniano*, è stato descritto dal P. Stein (1), che ne ha dato anche una

(1) Dott. J. Stein S. J.: *I restauri della Specola vaticana* « Rivista di Fisica, Matematica e Scienze naturali » (Pavia). Anno IX. Dicembre 1908.

pianta della parte più centrale, adiacente alla torre Pio X. A noi basta dare al lettore un'idea della nuova specola, mediante la riproduzione di parecchie fotografie, gentilmente favoriteci dai PP. Hagen e Lais, non omettendo a lode dell'egregio Hagen, di far notare come alla trasformazione dell'Osservatorio, tanto necessaria dal punto di vista così estetico che scientifico, non siano occorsi più di 4 anni. Con lo Hagen collaborò sapientemente l'ing. Mannucci, ed insieme risolsero un problema che non era dei più facili: trasformare una residenza papale (chè, dopo tutto, il villino non era altro) in Osservatorio, ed allacciare fra loro le diverse parti dell'edifizio, compresa la più lontana dal centro, vale a dire la torre di Leone XIII. A questo allacciamento si è mirabilmente prestato lo stesso muro del recinto leoniano, lungo il quale le torri già nominate e qualche altra anch'essa annessa all'Osservatorio, stanno come bastioni. La cresta del muro, munita di ringhiera, serve di comodissimo passaggio da torre a torre. Per un lungo tratto, però, di 85 metri, il vetusto muro era diruto e si dovè sostituirgli un ponte in ferro, a costruire il quale un ricco americano, amico di Hagen, mandò i fondi necessari.

*
* *

Entrato nel villino, il visitatore è condotto nella biblioteca, composta di 4 camere, le quali in confronto della sala della torre gregoriana (ove la biblioteca fu fino al 1906) hanno il vantaggio che le diverse materie vi si possono tenere meglio separate l'una dall'altra. Dei libri della biblioteca del Denza, Hagen ha ritenuti solo quelli di astronomia e meteorologia, e collocati questi ultimi in un vano a piano terreno del villino, la biblioteca astronomica, propriamente detta, è venuta ad occupare:

1° Lo *studio di Leone XIII*, ove si conservano le pubblicazioni degli Osservatorî e delle Accademie.

2° La *sala rossa* per i trattati e le opere classiche.

3° La *sala della Luna* per i periodici.

Quest'ultima sala è così chiamata dall'esposizione che vi è fatta, sulle pareti, delle migliori tavole del noto Atlante lunare di Parigi.

Vista la biblioteca, passiamo alla sala dell'astrografia, destinata ad allogarvi gli apparecchi per la misura delle lastre. Originariamente la specola ebbe un solo micrometro, quello del Gautier, col quale si raggiunge, è vero, un alto grado di precisione, ma le misure vi si fanno piuttosto lentamente, onde parecchi Osservatorî come Greenwich, Oxford, Cambridge, Capo, Potsdam, han trovato da sostituirgli altri tipi di istru-

menti, non meno precisi, ma di più rapido maneggio. Anche Hagen ha creduto bene mettere in riposo il micrometro Gautier, e s'è fatto costruire dal Repsold due micrometri secondo il sistema ideato da questo celebre meccanico di Amburgo, non senza introdurvi ulteriori modificazioni e semplificazioni. Il solo micrometro di Gautier è attualmente esposto nella sala astrografica, i due di Repsold essendo stati montati nell'abitazione delle misuratrici, che sono delle religiose ed amano lavorare nella tranquillità del convento.

Nella stessa sala, un gran disegno a scacchiera, appeso ad una parete, mostra, uno accosto all'altro, tanti quadretti quante devono essere le lastre rientranti nella zona vaticana. Ogni quadretto rappresenta una lastra e ne porta scritto il numero d'ordine. Le lastre già fotografate dal Lais portano segnata una diagonale, quelle che oltre essere fotografate, furono anche misurate, mostrano una croce. Quel quadro dà pertanto a colpo d'occhio al visitatore notizia esatta dello stato dei lavori astrografici.

Un altro oggetto degno di attenzione, nella sala dell'astrografia, si è l'esposizione, in bell'ordine sinottico, di tutte le carte stellari edite dai 18 Osservatori associati, il numero delle quali va rapidamente crescendo. Hagen ha adottato il modo di disposizione in uso a Greenwich. In mezzo alla sala è un gran cassettone, lungo 5 metri ed alto 1 1/2 m., nel quale sono inseriti 96 cassetti di cartone, disposti in 12 colonne verticali, di 8 cassetti ognuna. Ciascun cassetto, alto 14 cm., copre un'area di 38 × 44 cm., che è la misura appunto delle carte celesti.

Nella *camera degli orologi* si trovano quattro pendoli inglesi e due cronometri trasportabili. Vi si vede anche un cronografo Hipp, nonchè il *quadro indicatore* dei contatti elettrici, mediante il quale può essere messa in azione una corrente elettrica che attraversa l'intero Osservatorio, dalla torre fotografica I fino alla cupola IV. Due orologi secondari di tipo Riefler vengono, mediante detta corrente, sincronizzati col *pendolo regolatore* che è uno dei quattro pendoli principali. Uno degli orologi secondari sta nella torre leonina pel servizio del refrattore astrografico, l'altro nella camera del meridiano. Affinchè gli orologi principali mantengano un buon andamento, la camera ove sono montati partecipa del riscaldamento a termosifone di cui, durante l'inverno, il villino è dotato.

La *sala meridiana* corrisponde nella tavola II alla parte anteriore del villino, proiettantesi sotto la cupola III. Questa è l'ala orientale del villino stesso, e sopra al suo tetto è edificata la sala meridiana. Quivi

si trova un cannocchiale di Starke (istrumento dei passaggi) di forma assai originale, che sembra sia stata suggerita al costruttore dal celebre astronomo Santini di Padova, nel 1862. L'istrumento funzionò altra volta nell'Osservatorio Montecuccoli di Modena. La vôlta su cui poggia il pilastro si scarica sui due muri principali dell'edifizio, e per lo scopo di fare il tempo, offre sufficiente stabilità. Del piedistallo del cannocchiale fu determinata la posizione geografica dal P. Stein utilizzando una triangolazione geodetica degli edifizi principali di Roma, fatta attorno al 1820 dagli astronomi del Collegio Romano. Da detta triangolazione si ha il modo di dedurre le differenze di longitudine e di latitudine fra il centro della torre Pio X ed il centro del pilastro del circolo meridiano al Collegio Romano. Con dirette misure lineari si trova poi l'analoga differenza di coordinate fra il centro della torre di Pio X e il piedistallo del cannocchialetto di Starke. Non resta che da sommare algebricamente le differenze omonime, per riferire quello che si considera come il punto centrale della nuova specola vaticana, al punto centrale dell'Osservatorio del Collegio Romano. Così operando, Stein trovò, fra Vaticano e Collegio Romano, una differenza di longitudine $= 7^s,10$ (Vaticano ad ovest) e una differenza di latitudine $= 18'',83$ (Vaticano a nord). Se ora aggiungiamo queste differenze alle coordinate dell'Osservatorio del Collegio Romano, determinate e verificate con estrema cura da Secchi, Millosevich, Bianchi, ecc., otteniamo la seguente posizione dell'Osservatorio vaticano (centro del piedistallo del cannocchiale dei passaggi):

| | |
|---|---|
| Longitudine orientale contata dal meridiano di Greenvich in tempo . . . | $49^m\,48^s,26$ |
| Latitudine boreale . . . . . . . | $41°\,54'\,12'',38$ |

Quest'ultimo valore è stato assoggettato dallo Stein ad una verificazione, determinando direttamente la latitudine dell'Osservatorio con un Zenit-telescopio. È risultato un valore appena $0'',11$ più grande del precedente.

La latitudine, definitivamente assunta, è stata quindi $= 41°\,54'12'',44$ per l'epoca 1907,3.

*
* *

Sotto la cupola principale, che è quella della torre Pio X (segnata III nelle tavole II e III) è montato il refrattore visuale, costruito dopo la venuta di Hagen. L'obbiettivo di 40 centimetri è opera di Merz di Mo-

IV II III

Tavola II. — Torre Pio X e Villino.

Tavola III. — Torre Pio X e ponte in ferro.

naco (Baviera) e la montatura del Gautier di Parigi. Il cannocchiale, la cui distanza focale è di $5^m,50$, viene puntato sulle stelle dalla base del pilastro metallico, mediante due ruote a mano, una per le ascensioni rette, l'altra per le declinazioni. Due quadranti che girano insieme a tali ruote, indicano le coordinate del punto celeste verso cui il telescopio è diretto. Al cannocchiale si attacca, per le misure di posizioni, un micrometro finissimo, opera di Merz, che fu già in funzione presso il cannocchiale di P. Ferrari, nella specola privata del Gianicolo. Oltre a ciò il P. Hagen si è fatto dallo stesso Merz costruire un oculare a grande campo e bassissimo ingrandimento (60 diametri) che dovrà servire allo studio delle variabili, nel quale è necessario avere entro il campo, contemporaneamente visibili, quante più stelle si può. La sedia o palco di osservazione è costruito secondo il sistema Hough, semplice, pratico, non ingombrante e di poca spesa È fatto a Roma e non costa più di 100 lire. Il palco Hough merita di essere raccomandato e dovrebbe vedersi introdotto man mano in tutti gli Osservatori. Appoggiandosi leggermente sulla corda conduttrice del sedile, l'osservatore si trasporta verticalmente oppure orizzontalmente di quanto gli occorre. L'apparecchio è così semplice che in caso di guasto si vede subito quale riparazione occorra ed il più delle volte non ci serve il meccanico. Col palco Hough è offerta all'astronomo la possibilità di osservare sempre in posizione comoda, condizione questa essenzialissima per la buona riuscita delle misure più delicate. Come sempre succede, ad un apparecchio così semplice non si è venuti che attraverso una lunga serie di tentativi con apparecchi più complicati. Ricordo, per esempio, quanto era complicato il palco d'osservazione al grande refrattore dell'Osservatorio di Vienna, quando io fui colà nel 1882! Tornato in Italia, domandai a Schiaparelli se anch'egli intendesse adottare un palco simile per il grande refrattore di Brera. «No, davvero», mi rispose: «devo comandare io all'apparecchio e non esso a me!». Ma in 28 anni le cose sono parecchio mutate, e il palco Hough rappresenta un progresso indiscutibile di fronte alle primitive sedie a gradini scorrevoli.

Il pilastro metallico del refrattore non poggia su di un altro pilastro in muratura, bensì sopra la volta della *sala delle costellazioni* (dipinta dal Seitz), e l'istrumento è protetto da una cupola girevole, in lamiera, avente circa 9 metri di diametro. Essa fu costruita in Roma secondo tun sistema poco razionale e sarebbe durissima a movere, se a tale difetto non fosse stato posto riparo con l'applicazione di un motore elettrico. Senza lasciare il posto d'osservazione, l'astronomo mette il motore

in azione premendo su di un tasto, e la cupola gira nell'un senso o nell'altro di quel tanto che si desidera.

Uscendo dalla torre di Pio X, attraversiamo un corridoio destinato agli apparecchi di meteorologia, e perveniamo alla sala del *fotoeliografo,* all'estremo orientale dell'Osservatorio (n. I delle tavole I e IV). L'istrumento, protetto da una cupola in ferro, costruita anch'essa a Roma, fu fatto dal Gautier secondo le indicazioni dell'astronomo Janssen: l'obbiettivo di 14 cm. è opera degli Henry. Il fotoeliografo dovrebbe servire a fotografare quotidianamente il Sole, ma dal 1893, epoca in cui esso fu costruito, ad oggi, sono stati inventati altri strumenti più perfetti ed anche più utili, che del Sole, oltre l'immagine ordinaria, dànno altresì le singole immagini *monocromatiche*, ossia rispondenti ai diversi colori che compongono lo spettro.

Quando il personale della specola fosse più ricco d'oggi, il fotoeliografo di Gautier dovrebbe probabilmente cedere il posto ad uno *spettroeliografo* di Hale.

Per visitare il restante dell'Osservatorio si ripassa per l'interno del villino e si va ad attraversare il passaggio sulle mura ed il ponte in ferro. A mezza strada fra le due torri principali, di Pio X e di Leone XIII si incontra la mezza-torre segnata II nelle tavole I e V. La piccola cupola in ferro serve a coprire un refrattore di Merz di 10 cm. di apertura, montato equatorialmente. Nel piano sottoposto a questo, ed esattamente all'altezza del passaggio sulle mura, sta un altro piccolo refrattore Merz di 107 millimetri, montato in altazimut. La rotaia che lo sostiene permette di spingerlo verso l'estremo orientale o l'occidentale del muro, a volontà, onde l'istrumento può servire alla ricerca delle comete vicine al Sole, durante il crepuscolo così della sera che del mattino.

Seguitando il cammino scoperto sopra le mura, arriviamo finalmente alla torre di Leone XIII, ove è impiantato l'istrumento astrografico (n. IV delle tavole I e V).

La camera d'osservazione, edificata sopra al terrazzo, è coperta da una cupola emisferica di 8 metri di diametro, opera, come dicemmo, del Gilon di Parigi. La sommità della cupola si trova a 100 m. sul livello del mare e 80 m. sopra la piazza di S. Pietro. La cupola è girevole e porta uno sportello largo 1,95 cm. Il bell'equatoriale, destinato alla fotografia celeste, è doppio, vale a dire il tubo fotografico è accoppiato ad un tubo visuale egualmente lungo, e i due tubi sono abbracciati da un'unica calza. Dippiù l'equatoriale è montato *all'inglese*, allo scopo di

non essere costretti ad invertire il cannocchiale per seguire gli astri da una parte all'altra del meridiano, dopo accaduta la culminazione. A questo istrumento P. Lais lavora da 17 anni, ed i bei *clichés* stellari da lui ottenuti servono alla carta celeste ed alle misure micrometriche da mettersi a fondamento del catalogo stellare.

L'equatoriale astrografico.

*
* *

Le pubblicazioni della specola vaticana cominciarono a vedere la luce fin dal tempo del Denza, e continuarono ininterrottamente anche durante quello che abbiamo considerato come un periodo critico, vale a dire il tempo trascorso dalla morte del Denza alla venuta di Hagen. Sono finora 7 volumi, nei quali si trova diffusamente trattata la parte meteorologica e vi si incontrano memorie di astronomia importanti, di Denza, Lais, Boccardi, ecc., ma l'argomento essenziale per la specola, la fotografia stellare, vi figura poco. La ragione di ciò l'abbiamo implicitamente già detta. Per molti anni il lavoro fotografico si è dovuto limitare all'esecuzione dei *clichés* e loro ingrandimenti in carte celesti, trenta delle quali furono dal Lais presentate al Congresso di Parigi, l'anno scorso; ma quanto alla misurazione delle posizioni stellari e alla catalogazione, che avrebbero dovuto trovar posto nelle Memorie, di tal lavoro, fino alla venuta di P. Hagen, non poterono farsi che dei saggi assai imperfetti. Solo dopo l'acquisto dei micrometri del Repsold, la misura delle lastre e l'elaborazione del Catalogo han potuto prendere un andamento svelto e metodico. Hagen mi diceva che il *Catalogo della Zona vaticana* verrà pubblicato in 10 volumi, ciascuno dei quali conterrà una delle dieci zone affidate alla specola. La misurazione è cominciata dalla zona + 64°: per questo, il primo volume del Catalogo darà la posizione delle stelle da + 63° 1[2 a + 64° 1[2. Il decimo volume darà la zona + 55°. Le zone già fotografate da P. Lais sono cinque, dalla + 60° alla + 64°.

Ma oltre l'impianto della catalogazione stellare, in questi quattro anni di trasformazione della specola, sono stati intrapresi ed in parte condotti a termine, dagli astronomi vaticani, altri importantissimi lavori. Hagen ha completato le due serie IV e VI che ancora rimanevano inedite del suo grandioso Atlante delle variabili. Le osservazioni su cui l'atlante si fonda erano state fatte all'Osservatorio di Georgetown (Washington), ma le riduzioni ed il calcolo delle grandezze stellari furono compiuti a Roma. La serie IV, con 100 carte, fu pubblicata nel 1907, la serie VI, con 65 carte, nel 1908. Le sei serie dell'intero atlante comprendono 311 carte e 338 variabili. Il grande lavoro, corredato, in questi ultimi anni, di un'appendice ove si dànno talune necessarie delucidazioni e rettifiche, potrebbe dirsi oramai terminato, se il bel cielo di Roma non avesse fatto nascere nella mente dell'infaticabile autore l'idea di dare all'atlante un nuovo sviluppo, avvalendosi delle osservazioni che possono farsi al refrattore visuale di 40 cm. È intenzione, dico, di P. Hagen, estendere alle stelle più deboli quelle stime di grandezza che nell'atlante sono date per le più lucide. Le carte dell'atlante, fatte al 12 pollici di Georgetown, non comprendono stelle oltre la $13^m$ 1[2. Ma in 150 carte sono necessarie delle stelle più deboli di questo tipo, per chi voglia seguire le variabili fino al minimo di luce. Tali stelle è stabilito di trovarle col grande refrattore vaticano. Il dott. Parkhurst dell'Osservatorio Yerkes, che ha fotografato le corrispondenti regioni celesti, determinerà le grandezze fotografiche di tali stelle, e queste grandezze, paragonate alle visuali, da determinarsi in Vaticano, daranno nuovi lumi circa i rapporti, ancora poco esplorati, fra la visione diretta e la fotografia.

Nel medesimo campo delle variabili, Hagen e Stein sono in procinto di dare alle stampe un altro bel lavoro, che sarà il primo nel suo genere. La prima parte, opera di Hagen, fornirà allo studioso le cognizioni puramente tecniche intorno alle variabili: storia, letteratura, metodi di osservazione, metodi di calcolo, ecc. Nella seconda parte lo Stein raccoglierà e discuterà tutte le teorie fisiche escogitate fino ad oggi dagli astronomi per spiegare i fenomeni delle variabili. Come primizia del suo libro, Stein ha pubblicato nel 1907 un opuscolo dal titolo « β Lyrae as a double star » che fu inserito nei resoconti della R. Accademia di Amsterdam.

Finalmente una terza utilissima Memoria prepara Hagen per le stampe che sarà certamente assai bene accetta agli astronomi, specie in Italia. Fin dai primi giorni della sua dimora in Roma, curiosando col piccolo Merz, egli si accorse della facilità onde sotto il nostro bel cielo, l'astro-

I

TAVOLA IV. — Torretta del fotoeliografo.

IV II

TAVOLA V. — Torre Leone XIII.

Tavola VI. — P. Lais all'equatoriale astrografico.

uomo esercitato può giudicare delle differenze di colore fra stella e stella. Egli aveva osservato lunghi anni in Germania e in America, ma colori stellari così evidenti come a Roma non li aveva mai visti. Allora egli si ricordò che un suo confratello, il P. Sestini, aveva elaborato sessanta anni fa, appunto in Roma, un *Catalogo di stelle colorate*, certamente prezioso, ma del quale gli astronomi possono poco o punto servirsi, parte per esserne l'edizione esaurita, parte perchè le stelle non vi sono ordinate in modo da poterle facilmente identificare. Sestini osservò dal '45 al '47, al Collegio Romano. Era nativo di Firenze, professore di matematica sublime ed assistente dell'Osservatorio. Nel 1848 dovè con De-Vico e Secchi rifugiarsi negli Stati Uniti d'America, ove professò matematica ed astronomia, e pubblicò parecchi libri didattici, assai pregiati. Morì nel 1890. Le sue due memorie romane sui colori abbracciano ben 2540 stelle del catalogo di Baily, dal polo nord a — 30° di declinazione. Ma ogni stella invece che dalle coordinate AR e $\delta$, vi è contrassegnata col numero che porta in Baily! Questa è la circostanza che rende, come poc'anzi dicevamo, il catalogo del Sestini presso che inservibile, ora specialmente che quello di Baily (tratto dalle osservazioni di Lalande) non è più in uso. Hagen, dunque, pensò che una ristampa dell'opera del Sestini, fatta più razionalmente, ed ordinandovi le stelle per ascensione retta, fosse una cosa utile, e vi si accinse. Nello stesso tempo gli parve però necessario di controllare una per una tutte le stelle sestiniane al cannocchiale di 10 centimetri, per accertarsi che non vi fossero errori di identificazione di stelle ed eventualmente correggerli. Come ognuno vede, questa verifica accresce pregio ed attendibilità al lavoro originario, ed è stata fatta da Hagen con vero e raro spirito di disinteresse scientifico, degno del maggiore encomio. Con la revisione e ristampa di quest'opera, l'Italia torna ad essere degnamente rappresentata nel campo della cromoscopia stellare da cui taluno ha potuto crederla assente, laddove fu un italiano quegli che iniziò tal genere di ricerche. E i cataloghi recenti di Osthoff, di Krüger, e la Durchmusterung di Potsdam, cessando di essere considerati i primi in ordine di tempo, trovano nel catalogo sestiniano un termine di confronto utilissimo a giudicare circa le eventuali variazioni dei colori stellari.

È un vero godimento intellettuale il percorrere a lenti passi il ponte in ferro e la sommità delle mura che congiungono l'una all'altra torre, ammirando il vasto ed armonico insieme degli edifizi costituenti la nuova

specola. Ciò che rende addirittura stupendo, ed anzi unico al mondo, il quadro, è la cupola di S. Pietro, la cui vista da nessun punto di Roma è così bella come da questo. Dall'alto di quell'impareggiabile monumento il genio di Michelangelo sembra esercitare sullo spirito meditabondo dell'astronomo la più potente delle suggestioni, e sollevarlo davvero verso l'infinito. Rispetto al nuovo osservatorio la cupola rimane dalla parte di oriente, onde non si ha più da lamentare, come nella « torre dei venti », l'invisibilità delle stelle più australi. Anche sotto questo riguardo, dunque, le condizioni della specola vaticana sono notabilmente migliorate. « Quale felice idea » dicevo una sera ad Hagen, trattenendomi con lui sul ponte mentre il sole tramontava dietro il lontano e tersissimo orizzonte dei monti di Bracciano; « quale felice idea ebbe Leone XIII nel costruire questo villino, e come è stato geniale anche il papa presente nel cederlo agli astronomi! » « Attenzione » interruppe Hagen « il sole sta per scomparire, attenzione al *green flash!* » Nell'istante, infatti, che l'ultima particella di disco solare fu immersa nell'orizzonte, se ne sprigionò verso noi un raggio verde. Era il saluto di Febo agli astronomi! « Non l'ho visto mai così bene come lo vedo a Roma le sere di tramontana » continuò Hagen. « Molti lo credono un fenomeno osservabile solo dall'alto oceano o dalle alte montagne, e lord Kelvin fece, per vederlo, l'ascensione del Montebianco!..... ».

Roma, aprile 1910.

V. CERULLI.

## FOTOGRAFIE DELLA COMETA DI HALLEY

### eseguite alla specola fotografica Cerulli in Teramo

Verso la fine del mese di maggio ultimo scorso ebbi l'onore di essere invitato a Teramo dal nostro illustre ed amato Presidente, per coadiuvarlo in alcuni esperimenti fotografici da farsi sulla Cometa di Halley nella specoletta fotografica (succursale dell'Osservatorio Collurania) che egli possiede in città.

Questa specola, provvista di locali ad uso di biblioteca, di studio e di laboratorio fotografico, consta, nella sua parte essenziale, di una cabina quadrangolare, coperta da un tetto piano che si apre scorrendo orizzontalmente su due rotaie.

Nel centro della cabina è montato un equatoriale di Salmoiraghi di 135 millimetri, che porta da un lato un eccellente euriscopio di Cooke e dall'altra estremità dell'asse di declinazione, insieme col contrappeso, una camera di Secretan.

L'obbiettivo dell'euriscopio è un *triplet* del diametro di 165 mm., su 109 cm. di distanza focale, e dà immagini nella proporzione di tre primi d'arco al millimetro. Fu questo, naturalmente, lo strumento destinato alle fotografie della Cometa.

Si adottarono lastre fotografiche ordinarie di grandissima sensibilità, senza preparazioni speciali. Non si cercò di ottenere effetti *ortocromatici*, ma fu lasciata piena libertà ai raggi più attinici dell'astro di produrre il massimo effetto sulla lastra e di differenziarsi in tal modo dagli altri fasci luminosi. In virtù delle preziose proprietà analitiche del processo fotografico, le negative così ottenute mostrano particolarità assai decise e caratteristiche là dove l'occhio non riusciva a scorgere, coll'osservazione diretta, nessun aspetto eterogeneo.

Pochi sfortunatamente furono gli esperimenti fatti, a causa del cattivo tempo, che per molte sere di seguito impedì anche le semplici osservazioni visuali.

Per tenere l'immagine in un punto fisso della lastra sensibile si guidò l'equatoriale ora servendosi di un micrometro filare, ora di quello anulare e finalmente di un semplice reticolo dai fili piuttosto grossi, sempre con illuminazione elettrica del campo.

L'orologio motore fu regolato in modo da ritardare un poco sul moto diurno di rotazione terrestre, per ridurre al minimo la rettifica da farsi a mano colle viti micrometriche in ascensione retta.

***

La prima fotografia fu eseguita la sera del 26 maggio, ma la lastra resultò molto velata dalla luce del crepuscolo, perchè, non potendo lo strumento seguire la Cometa fino a poca altezza sull'orizzonte, per la speciale conformazione del tetto della cabina, sprovvista, come abbiamo detto, di cupola girevole, fu necessario incominciare l'operazione assai prima della fine del crepuscolo, allo scopo di poter disporre di un tempo di esposizione sufficientemente lungo. Con tutto ciò la posa, che avvenne tra le $20^h\,30^m$ e le $21^h\,10^m$ con qualche interruzione, non potè oltrepassare i 35 minuti.

In questa prima prova si notano poche particolarità e l'immagine della Cometa manca di contorni ben definiti. La coda, che tocca i quattro

gradi di lunghezza sopra 45 primi di larghezza, ha due fasci laterali, più luminosi del resto, ed un fascio mediano un po' a Sud del suo asse; la testa resulta in complesso molto più lucida della coda, misura in diametro oltre 12 primi d'arco e non lascia vedere il vero e proprio nucleo. Intorno alla testa si intravede una velatura chiara, più sensibile a Sud che a Nord, i cui limiti esterni fanno un mezzo angolo retto coll'asse della coda, convergendo al di sopra della testa.

Altre prove furono fatte il 28 e il 29 successivi senza ottenere migliori risultati. È sempre evidente una forte differenza di luminosità tra la testa e la coda. Quest'ultima ad un grado e mezzo di distanza dalla testa ha una larghezza di circa 50 primi.

Nella fotografia del 29, che durò dalle $21^h$ alle $21^h 30^m$, ci servimmo di un micrometro anulare, perchè la sera precedente era riuscito oltremodo difficile guidare lo strumento per la poca visibilità del nucleo della della Cometa, forse offuscato dalla nebulosità atmosferica. Nelle sere seguenti fu sempre adoperato il reticolo, che senza dubbio dà una maggior precisione del micrometro anulare quando sia visibile il nucleo.

La sera del 30 maggio la Cometa fu osservata al grande equatoriale di Collurania e non furono prese fotografie. Nell'ottimo ed elegante strumento di Cooke la testa appariva regolare e simmetrica. Il nucleo minutissimo, di un diametro inapprezzabile, brillava in mezzo a due pennacchi laterali disposti come le ali di un uccello nel così detto volo *pianeggiante*. La testa perdeva gradatamente di intensità dal centro alla periferia e sfumava insensibilmente sul fondo del cielo, ma si notava una maggior lucidità nella metà rivolta al Sole.

La sera del 31 maggio si ripresero gli esperimenti fotografici, ma lo stato del cielo non permise che una posa di 15 minuti, dalle $21^h 25^m$ alle $21^h 40^m$ e la fotografia mostra poco più della testa, nella quale la condensazione lucida è ancora così ampia da sopraffare il nucleo e nasconderlo. Anche in questa mancano particolarità degne di nota, mentre era forse da aspettarsi che, data la grande lucidità della Cometa in prossimità della testa, la brevità della posa dovesse favorire, almeno in quella parte, la impressione di dettagli più minuti e meglio definiti che nelle prove precedenti, per quanto più leggieri e delicati.

***

La sera del 1° giugno, per evitare quanto fosse possibile la velatura prodotta dal crepuscolo, la fotografia fu ritardata a bella posta e riuscì infatti assai migliore delle precedenti.

FOTOGRAFIE DELLA COMETA DI HALLEY

ESEGUITE ALL'OSSERVATORIO CERULLI IN TERAMO

Istituto Micrografico Italiano - Firenze.

Dobbiamo far notare che, essendo in quelle sere divenuto abbastanza piccolo lo spostamento della Cometa, tanto in declinazione, quanto in ascensione retta, si potè guidare la parallattica un po' più a lungo delle prime sere, contentandosi di sorvegliarne la posizione per mezzo del solo cercatore, quando le pareti della cabina otturavano già completamente l'obbiettivo dell'equatoriale.

La prova, benchè incominciata solo alle $21^h\,10^m$, durò con tale espediente circa mezz'ora, essendo stata protratta fino alle $21^h\,40^m$, col grande vantaggio di avere operato a fine di crepuscolo. Inoltre il bagno rivelatore fu diluito assai con acqua e l'operazione di sviluppo prolungata quanto fosse possibile per aumentare i contrasti dell'immagine, così che si può esser certi di aver ottenuto dalla lastra fotografica il massimo rendimento.

Nella tavola annessa alla presente notizia è riprodotta, accanto a quella del giorno seguente, la immagine fotografica della Cometa al 1° giugno, ingrandita a mano col metodo del compasso e della squadra, nella proporzione di 3 ad 1. Su questa figura un millimetro corrisponde approssimativamente ad un minuto primo d'arco.

La testa della Cometa (sempre incomparabilmente più lucida della coda) ha una regione centrale di tre primi di diametro, in cui la intensità luminosa raggiunge il suo massimo, e sfuma poi gradatamente fino al diametro di quasi 15 minuti primi.

Il nucleo si perde al solito nella forte lucidità delle parti centrali della testa, ma sono ben visibili i singoli fasci luminosi che costituiscono la coda. È inutile avvertire che non è esatto chiamare fasci luminosi quelli ritratti dalla fotografia, che sono invece i meno sensibili all'occhio umano.

Molte appendici si partono dalla testa in varie direzioni, ma cinque fasci sono specialmente notevoli, come si può vedere anche nella riproduzione. Il fascio più evidente di tutti è quello centrale, che parte dalla testa deviando un po' a sinistra di chi guarda e che poi, alla distanza di circa mezzo grado dal nucleo, si biforca, mentre il ramo principale dei due, così originatisi, ritorna in prossimità dell'asse caudale. Questo ed altri fasci si ritrovano, come vedremo, anche nelle fotografie seguenti, e sono molto irregolari nella loro struttura, presentando curve, sdoppiamenti e biforcazioni; alcuni sono slargati, altri filiformi.

Nella fotografia del 1° giugno richiama la nostra attenzione un piccolo getto laterale, visibile in parte anche nella riproduzione alla destra di chi guarda, il quale si parte tangenzialmente dal disco lucido della

testa, facendo un angolo considerevole coll'asse della Cometa e, divenuto poi più sottile, cambia bruscamente la sua direzione, disponendosi quasi parallelo al fascio vicino.

Notevole è anche il fatto che i limiti laterali della coda sono più decisi nella parte australe, che nella boreale, e questo è un carattere che si riscontra più o meno chiaramente in tutte le fotografie da noi ottenute.

***

La fotografia del 2 giugno è senza dubbio la più ricca di dettagli e la più interessante di tutte.

Verso il mezzo della testa, che misura in complesso oltre 12 primi di diametro, si vede un disco leggermente schiacciato o incavato dalla parte della coda, del diametro di circa tre primi, con una condensazione centrale molto intensa, tre volte più piccola, che non si vede nella riproduzione.

Da quel disco esce in direzione opposta al Sole un potente getto quasi rettilineo e di larghezza incostante che, giunto a sette od otto minuti di distanza dal centro della testa, si apre a ventaglio. I suoi limiti esterni, che in principio racchiudono un angolo di almeno 20 gradi, si mantengono per lungo tratto ben definiti, ma nella parte centrale, che si trova sull'asse della coda, il fascio diminuisce molto di intensità a cominciare da mezzo grado dal nucleo ed a maggior distanza rimangono ben visibili soltanto due rami principali. Questi poi vanno leggermente convergendo ed incurvandosi verso l'asse caudale, mentre simultaneamente sfumano e si dileguano. Come si vede benissimo anche nella riproduzione, il ramo a sinistra è doppio verso la fine ed ha subìto due biforcazioni nelle parti meno lontane dalla testa.

Se si confrontano le due figure della tavola, sembra che il ramo principale, che si trova lungo l'asse della coda nella fotografia del 1° giugno, se ne sia allontanato il giorno seguente, portandosi a Sud, se pure non si tratta di semplici variazioni di luminosità. Così il ramo boreale del fascio centrale, visibile nella fotografia del 2 giugno, non si ritrova affatto in quella del 1°.

Cominciando dalla sinistra della Tavola, i cinque fasci principali, visibili nella prima figura, si riscontrano nella seconda figura nel modo seguente: il primo è appena accennato, il secondo è duplice, quello centrale, cioè il terzo, è, come abbiamo detto, aperto a ventaglio e biforcato in alto, il quarto è più forte e regolare che nel giorno precedente, il quinto è, come il primo, appena percettibile e si confonde con una

piccola stella. Tra il terzo e il quarto fascio abbiamo nella seconda fotografia un ampio e regolare canale oscuro, sulla cui sinistra giace un esile getto filiforme che fa parte del fascio centrale.

Il getto rettilineo, quarto nell'ordine suddetto, che trovasi sulla destra del canale oscuro testè nominato, mostra alla sua origine una sorta di curva molto simile ad una parabola, il cui vertice coinciderebbe con quella parte del disco luminoso che guarda il Sole. Sembra però che anche tutti gli altri getti si partano tangenzialmente dalla periferia di quel disco, incurvandosi poi più o meno nella direzione opposta al Sole.

Lo stesso gran fascio centrale che, come abbiamo detto, sembra uscire dal nucleo, in direzione quasi rettilinea, è forse alla sua volta costituito di tanti getti tangenziali che, dopo essersi incrociati dietro la testa, proseguono divergendo tra loro. Queste almeno sono le apparenze e mi sembra di grande interesse lo studio sistematico dei singoli fasci luminosi nelle immediate vicinanze della testa, tenendo esatto conto delle curve e dei cambiamenti che essi presentano prima e dopo il passaggio al perielio, perchè sarebbe importantissimo sorprendere nella loro formazione e nel loro andamento un processo costante, al quale, trattandosi evidentemente di fenomeni intimamente connessi colla materia, non potrebbero ritenersi affatto estranee le universali leggi del moto. È forse anche possibile che lo spostamento e l'oscillazione notata in alcuni fasci non siano che l'effetto di un movimento vorticoso di riassorbimento, prodotto nel cono caudale dall'attrazione del nucleo, a mano a mano che diminuisce l'azione ripulsiva del Sole. Le tracce lasciate dalla coda sulla lastra fotografica del 2 giugno arrivano con certezza ai tre gradi e mezzo, quelle del giorno precedente toccano i quattro gradi.

Notiamo di sfuggita che in questa sera, puntando il cannocchiale per incominciare la fotografia, il nucleo della Cometa apparve doppio. Per mancanza di tempo si tralasciò di notare la posizione delle due parti che mi parvero di uguale intensità e approssimativamente allineate in direzione della coda.

***

Il 3 giugno fu tentata una fotografia con cielo fortemente velato, ma il risultato fu pessimo.

Dopo alcune sere di cattivo tempo si volle tentare pure la fotografia della testa della Cometa all'equatoriale di Collurania, ponendo una lastra al foco dell'obbiettivo. Gli esperimenti furono fatti nelle sere dei dì 7 ed 8 giugno, ma non si potè ottenere che una debolissima traccia della parte più lucida della testa, senza il più tenue accenno ad un nucleo

puntiforme; e per vero dire la sera del dì 8, fatte le più accurate osservazioni, il nucleo non fu potuto trovare nemmeno con l'osservazione diretta. Il massimo della lucidità era bensì al centro della testa e di lì si partivano due ali luminose opposte tra loro e distese in direzione perpendicolare all'asse della coda; ma, aumentando la potenza dell'oculare, quella concentrazione luminosa andava a mano a mano dissolvendosi, senza lasciare alcun residuo di aspetto stellare.

Ritenendo inutile proseguire le osservazioni visuali o rinnovare gli esperimenti fotografici al grande equatoriale, fu presa un'altra fotografia alla specola di città il 9 giugno dalle $21^h 5^m$ alle $21^h 35^m$. In questa prova, che fu l'ultima, le tracce lasciate dalla coda rassomigliano in parte e specialmente nel fascio centrale a quelle del 1° giugno, mentre la testa somiglia piuttosto quella del dì 2, tenendo conto delle minori dimensioni. Vi si vede un piccolo disco centrale, senza contorni ben definiti, il quale contiene una forte condensazione un po' allungata in direzione E-W, del diametro approssimato di 2,10 di millimetro, pari a 36″. — Troviamo anche qui assai accentuato quel guscio a contorni parabolici che va a formare i due fasci più esterni della coda. Oltre i limiti di questo guscio si diffonde intorno alla testa una nebulosità, che accenna a protendersi in un piccolo getto in direzione del Sole. La lunghezza della cometa supera i tre gradi, ma l'immagine fotografica è nel suo insieme piuttosto leggiera. La coda consta di tre fasci principali, il mediano dei quali si biforca in due alla distanza di 45 primi dal nucleo.

Teramo, Osservatorio Collurania, agosto 1910. ROBERTO LUCHINI.

## L'Astronomia come sorgente di esempi e problemi per le scuole secondarie[1]

Quando l'ottimo nostro Presidente mi invitò cortesemente a tenere per la *Mathesis* una conferenza al fine di considerare l'astronomia come sorgente di esempi e problemi per le scuole secondarie, io accettai con entusiasmo, se tale parola non stuona e stride sulle labbra di un vecchio. Eppure è così: e potrei dimostrarvelo (siamo in sede di matematica), ma

(1) Conferenza tenuta la domenica 10 aprile 1910, nella Scuola Tecnica « Giuseppe Lagrange », per invito della Società *Mathesis*.

credetemi, in favore, senza prova. Anche ai vecchi rimane un tantin d'amor proprio, perchè io non mi sentissi altamente lusingato ed onorato da una proposta come quella. Anche nei vecchi permane e dura vivo e ardente l'amore per quella scienza che ci ha dato ore fra le migliori e più serene della vita, ed il più efficace conforto nei lunghi e tristi giorni della sventura, perchè io non accogliessi con vero compiacimento la bella occasione di spezzare una lancia (sia pure *telum imbelle sine ictu*) in pro dell'astronomia. Accettai dunque con entusiasmo l'onorevole invito del Presidente, del quale non voglio dirvi tutto il bene che penso (*maximum maximorum*), giacchè egli mi toglierebbe subito la parola, ma che intensamente, cordialmente ringrazio. Ed eccomi qui a mantenere la promessa: me la caverò alla meno peggio: ma vi so cortesi e buoni e tiro innanzi non senza pregarvi di darmi venia, se, pur troppo, non saprò dirvi altro che cose che voi potreste insegnare a me.

L'astronomia ha preso negli ultimi cinquant'anni uno sviluppo così rapido e largo, che anche in essa la ripartizione del lavoro si è imposta coll'imperativo categorico di una ineluttabile necessità.

L'astronomo di un secolo fa poteva essere ad un tempo osservatore, teorico e pratico calcolatore; poteva sapere e praticare tutta l'astronomia: oggi ciò è assolutamente impossibile. Presentemente chi si occupa dell'astronomia di posizione ed esercita l'osservazione visuale dei corpi celesti, deve rinunziare ad attendere all'astrofisica, che esige una conoscenza completa della fotografia, spettroscopia, spettrografia, che a loro volta presuppongono una vasta cognizione dell'ottica fisica e chimica, ed esigono un'attitudine ed un'abilità speciali, nel maneggio degli squisiti ma delicatissimi e costosissimi apparecchi dei quali si vale la nuovissima astrofisica.

Ad ogni astronomo è necessaria una soda e larga coltura matematica, ma matematico profondo deve essere chi voglia occuparsi di meccanica celeste, ossia essenzialmente del moto dei pianeti intorno al Sole e delle loro mutue perturbazioni, delle loro rotazioni, del problema dei tre corpi e della teoria della Luna: informino al riguardo i volumi, per non menzionare che gli odierni, di Brown, Charlier, Gyldén, Hill, Newcomb, Poincaré, Tisserand.

Il computo numerico dell'orbita di un pianeta, di un asteroide, di una cometa, di un bolide, di una stella doppia, benchè sempre laborioso molto, è reso oggi relativamente facile e spedito. L'accordo però fra l'osservazione e la teoria non è perfetto: le tavole del Sole, dei pianeti, della Luna non sono certo definitive, le eclissi si risentono ancoadri

questo difetto di esattezza: le teorie della Luna e di Mercurio presentano ancora anomalie inspiegate, che quasi indussero il grande Newcomb a supporre fosse necessario modificare l'esponente della distanza nella legge della gravitazione universale di Newton. Questioni tutte che non potranno venir chiarite, se non col perfezionarsi dei procedimenti già così potenti, dell'alta analisi moderna.

Procedimenti indispensabili quelli altresì alla teoria della figura della Terra, della precessione e nutazione, a quella delle maree e della variazione della latitudine che collegano strettamente l'astronomia colla geologia e la geofisica, mentre ormai astronomia di posizione e geodesia costituiscono quasi un solo, ma robustissimo ramo della scienza degli astri.

L'aberrazione che tanto ha dato e darà da lavorare agli astronomi sia pratici che teorici, si riattacca ancora alla fisica per molteplici questioni toccanti l'etere, sempre più misterioso, malgrado l'uso e l'abuso che se ne fa: come alla fisica matematica si connette anche quel principio Doppler-Fizeau che ha condotto alla misura del moto degli astri lungo la visuale, a mezzo degli spostamenti delle linee del loro spettro luminoso.

La cosmogonia, la teoria dell'origine del calore solare, la connessione dei fenomeni solari col magnetismo terrestre, l'evoluzione del nostro sistema, della Terra, sono problemi che vogliono in chi li studia l'intiera conoscenza della meccanica superiore, della termodinamica, della teoria del calore e di quella cinetica dei gas. Dottrine queste che debbono pure essere solido patrimonio di quello studioso degli astri, che voglia addentrarsi nelle regioni confinanti e compenetrantisi della rifrazione atmosferica e della meteorologia.

Voi vedete da questi rapidissimi cenni, quale vasto dominio abbracci oggi la scienza degli astri. Questa è un oceano immenso, le cui onde poderose bagnano e lambiscono le coste di molte e vaste regioni del sapere, nelle quali si stendono, si propagano, dilagano con insenature, golfi, mari interni, spesso molto profondi e di grandi dimensioni. Voi comprenderete ancora da quest'informe e sommario tracciamento dei confini dell'astronomia, quanto sia vero l'asserto che la ripartizione del lavoro, la specializzazione (passatemi il barbaro neologismo) siano per essa imprescindibile, assoluta necessità: la divisione del lavoro, in astronomia, come in quasi tutti i campi dell'attività umana, è divenuta indispensabile!

Or bene, possiamo noi da quell'ampio mare derivare un canale, che placidamente scorrendo, fornisca alle scuole secondarie una sorgente di

acqua non amara ma salubre e rinvigorente, di esempi e problemi utili ed interessanti ai giovani che quelle frequentano? A mio modestissimo avviso, sicuramente che sì.

Naturalmente dobbiamo subito scartare tutti quei rami dell'astronomia che richiedono cognizioni speciali non comprese nei programmi dei licei ed istituti tecnici e vogliono l'impiego delle matematiche superiori. Ma la cosmografia e la geografia matematica possono valere allo scopo desiderato, essenzialmente nelle loro trattazioni più salienti, in misura, se non larghissima, a cagione delle nozioni speciali che presuppongono, certo più che sufficiente, a fornire utili esempi e problemi, ed a destare interessamento per il più nobile fra i rami della storia naturale, ed a dimostrare come la matematica non sia inutile, sterile ed ostica disciplina, ma utensile, strumento, mirabilmente efficace, atto quanto e più di ogni altro allo studio dei più varii fenomeni esibiti dal mondo che ne circonda.

La scelta dei problemi ed esempi di matematica elementare che si possono ricavare dall'astronomia per essere proposti agli allievi delle scuole secondarie, è naturalmente limitata dalle cognizioni di cosmografia e geografia matematica che essi posseggono, o che l'insegnante può nell'ennunciare il quesito impartire con poche parole.

Così a mezzo della sola aritmetica si possono risolvere le questioni relative all'ora che si ha nei varii luoghi della Terra in un determinato istante fisico, nel momento della spedizione di un telegramma che ci viene telegrafato da un luogo molto lontano, nel prodursi di un avvenimento politico, storico, di un fenomeno geofisico. Un esercizio buono è quello della conversione delle longitudini espresse in gradi, in ore e minuti di tempo, e viceversa, nonchè quello della conversione di mesi, giorni, in frazioni decimali di anno e di ore, minuti e secondi in frazioni decimali di giorno, ecc.

La soluzione dell'equazione di primo grado ad un'incognita trova una elegante applicazione, analoga al problema delle coincidenze delle lancette dell'orologio, nella determinazione della durata della rotazione del Sole, come già insegnò Scheiner. Egli aveva osservato che una macchia solare, supposta scevra da moto proprio, impiega 27,5 giorni solari medii per ritornare alla medesima posizione sul disco solare apparente; in virtù del movimento uniforme di rotazione del Sole, nel senso medesimo del movimento orbitale dei pianeti, cioè da occidente ad oriente. Ma siccome la Terra ha pure un cosifatto moto orbitale attorno al Sole, così di questo bisogna tener conto per ricavare da quel dato di osservazione la vera

durata della rotazione del Sole; e se si assume, come durata della rivoluzione della Terra attorno al Sole, l'anno giuliano di 365.25 giorni solari medii, si ha:

$$T = \frac{365{,}25 \,.\, 27{,}5}{365{,}25 + 27{,}5} = 25{,}5$$

giorni solari medii, assai prossimo ai valori più moderni, per la rotazione del Sole sopra se stesso.

Possiamo in due modi procurarci la lunghezza in chilometri della distanza fra il centro del Sole ed il centro della Terra, che è l'unità fondamentale delle lunghezze in astronomia. Prima, quando si diano la velocità della luce, assai prossimamente 300.000 km. al secondo, e la equazione della luce, cioè il tempo che la luce impiega a venire dal Sole alla Terra, che è di $8^m\,18^s{,}3$, con una semplice divisione e moltiplicazione. Poi altresì quando si abbia in chilometri il raggio terrestre e la parallasse equatoriale orizzontale del Sole, cioè l'angolo sotto il quale è visto dal centro del Sole detto raggio equatoriale terrestre, angolo che è di 8″,80.

Dividendo quel raggio per il seno di 8″,80 si ha la distanza. Ma data la piccolezza di quell'angolo, si può avere la distanza della Terra dal Sole colla formola

$$R = \frac{r}{8'',80} \times \rho'' = \frac{r}{8'',80}\, 206.265,$$

che conduce ad un valore di 149.329.000 chilometri. Assumendo questa lunghezza come raggio dell'orbita terrestre, supposta circolare, si può calcolare la lunghezza di quest'orbita, e poi la velocità della Terra lungo essa, quando sia data la lunghezza dell'anno. Lo stesso problema si può risolvere per gli altri pianeti, a mezzo dei dati corrispondenti, distanze dal Sole e durata delle rivoluzioni, che si trovano in tutti i libri d'astronomia.

Per le stelle, si può considerare una questione simile. Per talune di esse è nota la parallasse annua, cioè l'angolo sotto il quale è vista dalla stella la distanza media della Terra dal Sole; con questi due dati si può ricavare la distanza della stella in chilometri od in *anni luce*, che è lo spazio che la luce percorre in un anno.

Con questa e col moto proprio annuo in arco di ciascuna stella si può dedurre la sua velocità lineare, ed un esempio impressionante ce lo

# Ai Signori Collaboratori.

*Per risparmio di tempo e per assicurare la pronta pubblicazione degli articoli nella* Rivista *vengono inviate ai signori Collaboratori soltanto le prime bozze degli articoli stessi. Perciò si prega caldamente di volere fare subito su esse* ***tutte*** *le correzioni, aggiunte e modifiche necessarie, lasciando poi al Presidente ed al Redattore la cura della più stretta sorveglianza perchè queste vengano scrupolosamente eseguite.*

*La Società suole offrire ai signori Collaboratori 50 estratti dei rispettivi articoli pubblicati nella* Rivista. *Chi ne desiderasse, per proprio conto, un numero maggiore è pregato di indicarlo nell'inviare il manoscritto o nel ritornare corrette le prime bozze.*

# Avviso ai Soci della Società Astronomica Italiana

La Direzione della *Rivista di Astronomia* ha disponibili ancora alcune copie delle annate arretrate 1907 e 1908, le quali saranno cedute ai Signori Soci della « Società Astronomica Italiana », al prezzo di favore di **L. 5** per ogni annata.

Per i non soci esse sono messe in vendita a **L. 10** caduna.

offrono le stelle, 1830 Groombridge, Arturo, ξ Tucani, ed altre che giungono a velocità di oltre 300 chilometri al secondo, inspiegabili con qualsiasi forza d'attrazione a noi nota, e tali, dice Newcomb, che tutta la materia dell'universo stellare noto, non può nè arrestarle nè deviarle.

Pellegrine fugaci, attraversano in due o tre milioni di anni, il nostro mondo stellare per poi abbandonarlo e non tornarvi più mai. Donde vengono, chi o che cosa le sospinse, ove vanno, a qual mèta arcana volano fulminee e fulgide? Tanto varrebbe domandare alla mammola ed alla rosa il segreto del loro profumo, alla bellezza del suo fascino, ai nostri diletti nella tomba il mistero dell'al di là! Oh! le cose e i morti, come le pecorelle semplici e quete del divino poeta, *lo imperchè* non sanno: lo sanno forse i viventi?

Una serie di problemetti è quella che ci offrono i pianeti quando, dati i loro diametri apparenti e le loro distanze, ci proponiamo di calcolarne i diametri reali e poi le superficie ed i volumi. Simile questione si può trattare per le macchie solari, per la macchia rossa di Giove, per il nucleo delle comete. La lunghezza della coda di queste si può ancora calcolare in modo simile, avendo la distanza della cometa dalla Terra ed il numero dei gradi occupati dalla coda sulla sfera celeste.

Questo problema è di attualità e può applicarsi alla famosa cometa di Halley ora visibile in cielo. Naturalmente i risultati di questi calcoli sono approssimati, ma forniscono un'idea dell'ordine delle grandezze considerate in astronomia.

Avute le distanze degli astri, si presenta una serie di questioncelle curiose e semplici, per sapere quanto tempo un mobile impiegherà a percorrerle, quando sia data la velocità del mobile medesimo.

Le determinazioni dei periodi sinodici e siderali dei pianeti, offrirebbero interessanti e semplici problemi, se la loro trattazione non richiedesse speciale e non breve esposizione del moto di questi astri.

Per la terra supposta sferica, e colle nozioni di geografia possedute dagli allievi, che devono sapere che cosa è la latitudine geografica, la semplice risoluzione di un triangolo rettangolo consente il calcolo dei raggi dei varî paralleli, quando si ha in chilometri il raggio della sfera terrestre. Con quei raggi si ottengono le lunghezze dei vari paralleli: e data la velocità angolare del globo, la velocità di rotazione per ciascuno di essi. Come applicazioni della geometria solida, abbiamo il calcolo della superficie, del volume della Terra, della Luna e dei pianeti; della superficie delle zone terrestri, dei fusi orarii, delle calotte nevose

di Marte, della fascia equatoriale di Giove, e di quella del Sole, lungo la quale si vedono le macchie.

Questioni analoghe ci esibisce la Luna. Colla sua parallasse, col suo diametro apparente possiamo ricavare la sua distanza, il suo diametro reale, e rammentando che la durata della sua rivoluzione siderale è $27^d\,7^h\,43^m\,11^s$ di tempo solare medio e che la sua distanza è di 60 raggi terrestri, si ha per la velocità media della Luna lungo la sua orbita attorno alla Terra 1019 metri al minuto secondo.

Gli astronomi antichi nei loro calcoli si giovavano naturalmente della matematica nota ai loro tempi, che è *pars magna* di quella che oggi chiamiamo elementare. Qualificativo questo che, a mio modestissimo avviso, devesi prendere nel suo significato letterale, cioè di quella parte delle matematiche, non la più facile, come generalmente si crede, ma indispensabile, siccome quella che fornisce gli elementi, i costituenti, i corpi semplici, elementari che varranno a comporre tutto il grandioso corpo, il meraviglioso edifizio delle matematiche e delle loro applicazioni.

È curioso che nel volume terzo della recentissima Enciclopedia delle matematiche elementari di Weber, destinato alle applicazioni, non vi sia una questione sola tolta all'astronomia sferica e geografia matematica; benchè vi si tocchi di volo del moto dei pianeti intorno al Sole, che nei nostri licei non può essere insegnato perchè gli alunni non conoscono le proprietà dell'ellisse. I cultori dell'astronomia debbono quindi essere tanto più grati al presidente nostro di essersi rammentato anche della scienza di Urania.

L'Hammer, pure tedesco, per contro, nel suo eccellente Trattato di trigonometria rettilinea e sferica, ha due capitoli consacrati alla geografia matematica ed all'astronomia. In inglese, poi sono scritti molti e buoni libri d'astronomia fisica e matematica, e se ne noverano non pochi nei quali non si riscontra una sola formula, ad eccezione di quelle relative all'ellisse, che non sia nota ai nostri allievi delle scuole secondarie. Si è che fra gli uomini che parlano inglese la geografia matematica è parte essenziale della coltura generale. Gli inglesi, gli americani, gli anglo-sassoni viaggiano molto, vivono sotto i più diversi climi, e vogliono rendersi ragione di quanto vedono; da ciò quella fiorente letteratura astronomica di libri, periodici, e di articoli nelle riviste, e l'esistenza di potenti Società astronomiche. Anche in Italia abbiamo in oggi una Società astronomica, che conta appena tre anni di vita, ma che pubblica una apprezzatissima rivista. Fra gl'inglesi rammenterò due soli autori: Stawell Ball, l'insigne direttore dell'Osservatorio di Cambridge,

autore di quell'elegantissima teoria di meccanica teorica detta delle *Screws* (viti), e Bryan; i libri di questi due autori, salvo le nozioni speciali, potrebbero considerarsi come raccolta di esempi ed applicazioni delle matematiche elementari, in esse comprendendo però la teoria delle coniche, nei suoi teoremi essenziali. La letteratura moderna francese è povera di questo genere di libri; ne ha due antichi ma ottimi, il Delaunay ed il Francoeur, mentre ha non pochi trattati di astronomia sferica:
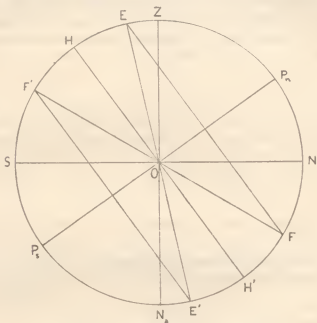
Fig. 1.

ricca ne è invece la letteratura tedesca. In italiano abbiamo due buoni libri così fatti: la Geografia matematica dell'ing. Hugues, professore nella nostra Università e l'Astronomia del P. Müller della Compagnia di Gesù, professore alla pontificia Università Gregoriana; tacendo di quelli di astronomia nautica.

Ed ora ritorniamo agli antichi procedimenti astronomici, cardine tuttora delle osservazioni astronomiche. La latitudine e l'obliquità dell'eclittica venivano determinate a mezzo del gnomone; questa determinazione può servire di esempio di misura d'angoli: ecco come.

Sia $Z\,P_n\,N_a\,P_s$ il meridiano di un luogo O di zenit Z. Siano $P_n, N_a, P_s$, rispettivamente il Polo Nord, il Nadir, il Polo Sud. Sia S N la traccia

del piano dell'orizzonte sul piano del meridiano, S e N i due punti cardinali dell'orizzonte Sud e Nord. La latitudine $\varphi$ del luogo è l'angolo $P_n$ O N. Sia H H′ l'intersezione del piano dell'equatore celeste col piano del meridiano, E E′ quello del piano dell'eclittica col meridiano medesimo; l'obliquità dell'eclittica $\varepsilon$ è l'angolo H O E; E F, E′ F′ sono le traccie sul meridiano dei piani dei paralleli celesti descritti dal Sole rispettivamente al solstizio d'estate ed a quello d'inverno: alle quali epoche la declinazione $\delta$ del Sole assume rispettivamente i valori $+\varepsilon$ e $-\varepsilon$, che sulla figura sono H O E ed H O F′, secondo la convenzione di considerare come positive le declinazioni boreali, e come negative quelle
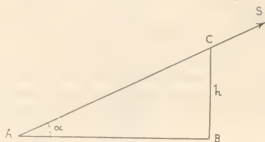
Fig 2.

australi. E ed F′ rappresentano le culminazioni superiori del Sole al solstizio d'estate ed al solstizio d'inverno. Dalla figura si ha:

$$\varphi = P_n O N = H O Z = 90^\circ - H O S.$$

Ma si ha pure dalla figura

$$H O S = \frac{E O S + F' O S}{2},$$

quindi

$$\varphi = 90^\circ - \frac{E O S + F' O S}{2}.$$

Ora E O S, F′ O S, sono rispettivamente le altezze meridiane del Sole al solstizio d'estate e d'inverno; pertanto, se si riesce a misurare queste

altezze, si ha senz'altro la latitudine del luogo di osservazione. Ma si ha anche H O F' = H O E = ε in valore assoluto, e dalla figura

$$\varepsilon = \frac{\mathrm{EOS} - \mathrm{F'OS}}{2};$$

quindi la semi differenza delle altezze meridiane del Sole ai solstizi, ci fornisce l'obliquità dell'eclittica.

Se ora a mezzodì vero, quello segnato da una meridiana, si misura il più esattamente possibile, la lunghezza dell'ombra proiettata sul suolo orizzontale da un'asta verticale, che è essenzialmente il gnomone, di altezza nota $h$, si ha dalla figura $\frac{h}{l}$ = tang. $\alpha$, che ci procura l'altezza meridiana del Sole, astraendo dalla rifrazione. Con questo procedimento gli antichi si procuravano la latitudine e l'obliquità dell'eclittica a mezzo dello gnomone. Discorrendo di ombre non bisogna tacere l'esercizio di trovare la lunghezza dell'ombra meridiana di una torre, di una guglia, quando si conosca la latitudine del luogo, l'altezza della torre, dell'edifizio, e l'altezza meridiana del Sole, che si deduce dalla sua declinazione e dalla latitudine: e viceversa.

Il teorema di geometria piana che la tangente è media proporzionale fra tutta la secante e la sua parte esterna, trova la sua applicazione in tutti i problemi connessi colla depressione dell'orizzonte, che acquistano maggior interesse ora che la navigazione aerea è, coi dirigibili, un problema risolto (1).

Tutti sanno che al fine di godere ampie ed estese vedute del paesaggio che ci circonda, bisogna salire in alto, sopra un campanile, una collina, un monte, sia per eliminare gli ostacoli che vietano allo sguardo di spingersi lontano, che per allargare il campo nel quale l'occhio può spaziare. Or bene, gli astronomi esprimono questa nozione popolare, dicendo che l'orizzonte si deprime. L'orizzonte è il piano perpendicolare alla direzione del piombino in un dato istante. Quest'ultima condizione deve essere aggiunta, quando si voglia affinare e precisare quel concetto; poichè è noto che la verticale di un luogo muta continuamente di dire-

(1) Il teorema pur ora ricordato fu usufruito da *Maurolico* come quello che poteva servire ad una grossolana misura del raggio della terra sferica. — Vedasi al riguardo una Nota di chi scrive queste pagine, intitolata: *Sopra una vecchia e poco nota misura del semidiametro terrestre* negli « Atti dell'Accademia delle Scienze di Torino », Vol. XIX. 1884.

zione, benchè in misura estremamente piccola, cosicchè ciò non si potè scoprire nè apprezzare se non coi più delicati istrumenti moderni, e con osservazioni proseguite durante mesi ed anni. Noi abbiamo definito l'orizzonte matematico; l'orizzonte sensibile o fisico è quella linea che sembra circondare tutto quanto vediamo, ed il cui raggio aumenta man mano che ci eleviamo. Questa linea è la linea di contatto fra la Terra ed il cono ad essa circoscritto ed avente il vertice nell'occhio dell'osservatore, ed è un cerchio se la Terra è sferica, ma se la Terra viene, con maggiore accostamento alla realtà, considerata come un elissoide di rivoluzione, il limite dell'orizzonte sensibile non è più un cerchio in generale, ma una curva gobba: ai poli è ancora un cerchio, ed è un'ellisse all'equatore.

L'angolo che (nel caso della Terra sferica) le generatrici di quel cono fanno coll'orizzonte matematico, è lo stesso in tutte le direzioni, e dicesi depressione dell'orizzonte. Nel caso della Terra ellissoidica, la depressione dell'orizzonte è diversa nelle varie direzioni, e varia coll'azimut della sezione normale corrispondente. Ma gli astronomi e i naviganti, ai quali questi problemi servono di continuo, con approssimazione ampiamente sufficiente al loro scopo, considerano la Terra come una sfera.

Sia O l'occhio dell'osservatore, C O Z la sua verticale, H H' il suo orizzonte matematico; O T K la tangente da O alla superficie della sfera terrestre di raggio R. Sia $OP = h$ l'altezza dell'occhio sul livello del mare: la depressione dell'orizzonte corrispondente all'altezza $h$ è $H'OK = d$, espressa in gradi, minuti e secondi. Il circolo minore di raggio $r = RT$, è il limite dell'orizzonte sensibile, la distanza $OT = D$ di un suo punto qualunque dall'occhio, ci è data come dice la figura, e, mercè il rammentato teorema, da $D^2 = (2R + h)\,h = 2Rh + h^2$, e siccome $h$ è sempre molto piccolo in confronto di R, possiamo trascurare $h^2$ in confronto di $2Rh$, e si ha:

$$D = \sqrt{2Rh}\,.$$

La rifrazione allunga ancora questa visuale, ma diminuisce la depressione dell'orizzonte.

Si è in virtù della depressione dell'orizzonte, corretta per la rifrazione che gli astri levano prima e tramontano dopo per la vetta di un monte che non alla sua base. Si è per la depressione dell'orizzonte che le cime nevose dell'Alpi si tingono al mattino di quel loro ammirabile incarnato languido di rosa, quando la pianura ai loro piedi è ancora nel crepu-

scolo, e che la sera fiammeggiano i dorsi alpini di un intenso aranciato ancora quando il piano è già privo dei divini raggi del Sole. Per la vetta del Gaorisankar, il gigante dei colossi montuosi, il levare del Sole anticipa sull'istante del suo sorgere alla base di oltre quattordici minuti
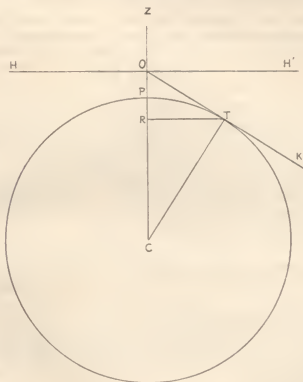
Fig. 3.

primi. La depressione dell'orizzonte si calcola facilmente colla regola che un cateto è uguale all'altro cateto per la tangente dell'angolo opposto.

Si ha

$$O\,T = D = \sqrt{2\,R\,h} = R \text{ tang. } d.$$

$$\text{tang. } d = \frac{\sqrt{2\,R\,h}}{R} = \sqrt{\frac{2\,h}{R}}$$

e poichè d è sempre molto piccolo, alla tangente possiamo sostituire l'arco e si ha

$$d = \sqrt{\frac{2h}{R}};$$

avendo trascurata la rifrazione atmosferica. Tenendo conto di questa ed assumendo R = 6 370 000 metri si ha in secondi d'arco

$$d = 107'',8 \sqrt{h}.$$

A 1000 metri d'altezza la distanza del limite dell'orizzonte è di 121 chilometri; e la depressione dell'orizzonte è poco meno di 57'; ma si hanno apposite tabelle che dànno questi valori, specie ad uso dei naviganti, che debbono nel determinare l'altezza del Sole col sestante, tener conto della depressione dell'orizzonte, dovuta all'altezza sul mare del ponte della nave dal quale osservano. A questa trattazione si collegano le questioni della visibilità di una nave in mare dalla sponda o da un'altra nave, con apparenze che attestano la forma rotonda della Terra; del mare da una data vetta, di due alti monumenti l'uno dall'altro e simili; e per gli astronomi, come già dissi, quella dell'anticipazione del levare del Sole per la cima di un monte, rispetto al suo piede.

È un problema di geografia matematica che si risolve colla matematica elementare quello di determinare la differenza di livello fra due punti della superficie fisica terrestre di latitudine nota e visibili l'uno dall'altro, nella supposizione, ben inteso, che la figura del livello del mare sia quella di una sfera.

Si risolvono ancora colla sola trigonometria piana, i problemi di Snellius, Pothenot, ed Hansen, che valgono a fissare per mezzo di misure angolari, e delle posizioni note di alcuni punti, quella di altri nei quali non si può fare stazione.

Fin qui siamo giunti con la trigonometria piana. La trigonometria sferica fornirebbe, colle sue applicazioni agli astri, tutta l'astronomia sferica, ma, come sorgente di esempi ed esercizii, essa riesce scarsa, sia perchè gli alunni delle scuole secondarie non possono giungere ad impararne le formole essenziali che tardi, quasi alla fine del corso, sia ancora perchè alle applicazioni di esse, sono indispensabili molte cognizioni propriamente astronomiche, che gli alunni medesimi non posseggono e che

l'insegnante di matematica non ha tempo di impartire. È però problema accessibile ai nostri allievi il computo della lunghezza dell'arco di cerchio massimo compreso fra due luoghi dati di posizione dei quali sono cioè note le latitudini e la differenza di longitudine: arco che nella supposizione della Terra sferica ci dà l'arco di geodetica compreso fra quei due punti, ossia la loro distanza.

Helmoltz immaginò una teoria dell'origine del calore solare, secondo la quale questo sarebbe prodotto dal condensarsi della materia costituente il Sole per effetto dell'attrazione della sua massa e dal raffredamento cagionato dall'irradiazione verso lo spazio. Il lavoro prodotto dalle particelle componenti la massa solare e cadenti verso il centro, convertendosi in calore, sarebbe la sorgente copiosissima di quel calore.

Questa teoria potrebbe fornire esempi ed esercizi aritmetici e di geometria solida, se non richiedesse uno svolgimento particolare di cognizioni, assorbente troppo più tempo che non ne sia disponibile, e senza il quale gli studenti non vi troverebbero interessamento alcuno. La rammentai perchè famosa, più che per la sua utilità al nostro scopo. Così non voglio passare sotto silenzio il calcolo delle probabilità, fondamento del metodo dei minimi quadrati, di uso continuo in astronomia, al quale però si oppone il medesimo ostacolo ora accennato.

Egregi colleghi! Quel nulla che io sapeva sull'argomento propostomi ve lo dissi, come meno peggio potei; ma, prima di finire, non so trattenermi dal manifestarvi al riguardo il pensiero mio di insignificantissimo cultore della scienza degli astri. L'aver voluto udire quali esercizi ed esempi l'insegnante di matematica nelle scuole medie possa dedurre dall'astronomia, dimostra ad un tempo lo zelo ed il desiderio vostro di rendere attraenti le matematiche, ed il riconoscimento delle attrattive e dell'importanza dell'astronomia medesima. Non occorre quindi che io vi tedii ulteriormente per dimostrarle: qui la causa dell'astronomia è già vinta. Ma non lo è generalmente: e valga il vero.

Abbiamo in Italia Università importanti nelle quali non esiste la cattedra di astronomia; in quelle ove s'insegna l'astronomia, l'esame non è obbligatorio per i laureandi in matemâtica, mentre lo è per quelli in fisica.

Accade per ciò lo strano fatto che moltissimi dottori in matematica e non pochi in fisica non studiano l'astronomia. E si badi all'aggravante che i dottori in fisica debbono poi insegnarne gli elementi, cosmografia e geografia matematica nelle scuole medie. Molto saggiamente pertanto, or fa qualche anno, il senatore Celoria, direttore dell'Osservatorio reale

di Brera in Milano, in una comunicazione ai Lincei, invitava il governo a fare in modo che l'astronomia fosse insegnata in tutte le Università del regno e che l'esame ne fosse obbligatorio per tutti i laureandi in matematica e fisica.

Così essi potrebbero poi, divenuti professori nelle scuole medie, impartire l'insegnamento della cosmografia e geografia matematica *ex informata conscientia*. Ma il senatore Celoria parlò al deserto, o Minerva s'è fatta in Italia, fra l'altro, anche sorda. L'astronomia, diceva Celoria, deve essere patrimonio della coltura generale di ogni dottore in scienze fisiche e matematiche, e lo deve essere, naturalmente in scala ridotta, di ogni persona colta. Ma, *experto crede Ruperto*, nel bagaglio intellettuale dei nove decimi delle persone che dovrebbero essere colte, anche quella minima porziuncola astronomica brilla per la sua assenza. Il calendario, l'ora, le stagioni, le fasi lunari sono troppo intimamente connessi colla vita civile perchè sia permesso ignorarne l'essenziale. Certo è altrettanto importante il sapere almeno cosa vuol dire ora dell'Europa centrale, come sta scritto sull'orario delle ferrovie, e perchè a Modane e Ventimiglia si debbano far retrocedere le lancette dell'orologio, quanto il conoscere le follie e i delitti di Nerone, di Caligola e di Eliogabalo, o disputare sugli sproloqui di Hegel, Fichte e Schleiermacher, o sul ritorno eterno ed il superuomo, pazzeschi concepimenti dell'infelice Nietzsche.

In breve non vi ha dubbio che se nelle scuole medie sta la filosofia, deve starvi più e meglio l'astronomia.

E aggiungo in appoggio a queste mie vedute che Schopenhauer sosteneva nelle scuole tutt'al più si potesse insegnare la logica, mentre il nostro venerando Ardigò afferma, col compianto nostro collega Vailati, appoggiato nientemeno che a Platone ed Aristotele, e col Croce, che la filosofia, che non è scienza di fatti, debba essere bandita dall'insegnamento secondario. Con ciò si dichiara implicitamente che le scienze di fatti devono aver parte predominante nell'insegnamento secondario, che fornisce la coltura generale. L'astronomia è scienza di numeri e di fatti che unisce, all'esattezza ed alla precisione della matematica, l'attrattiva della contemplazione delle più sublimi bellezze del creato: l'arte, la poesia, la scienza, concorrono a formarne la maestà e la grandezza; ed essa ne acquista potenza e virtù da innalzare lo spirito alle più elevate meditazioni: l'astronomia è indispensabile alla vita civile, necessaria all'intelligenza dei poeti e quindi deve essere insegnata nelle scuole tutte, medie e superiori. Io faccio quindi caldissimi voti affinchè nel riordinamento degli insegnamenti superiori, per lo studio del quale fu nominata una

commissione reale, la proposta del senatore Celoria sia presa in tutta la considerazione che si merita.

Ma qui, io ben lo so, ho sfondato una porta aperta.

La geniale idea vostra, di voler scegliere quali esercizii di matematica per i vostri scolari, problemi ed esempi nel campo astronomico, lo dimostra ampiamente. Se quindi anche la pochezza mia non mi concesse di trattare la causa da me patrocinata, in modo degno di essa, la causa non sarà perduta. La cortesia, l'indulgenza vostra nell'ascoltare con tanta pazienza questo meschino lettore largamente lo attestano. Ed io, nullo contemplatore degli astri, di tutto caldamente vi ringrazio.

Ottavio Zanotti Bianco.

# COME SI DETERMINA L'ACCELERAZIONE DELLA GRAVITÀ

L'importanza della misura dell'accelerazione della gravità terrestre è stata ben messa in rilievo negli ultimi anni da numerose pubblicazioni (1) di varia indole, colle quali potè tutto il grosso pubblico degli studiosi della nostra Terra farsi precisa idea dei lumi che alla Geodesia ed alla Geofisica hanno portato le determinazioni di gravità, del contributo che ancora da esse si attende per la soluzione di problemi fondamentali sulla forma del Geoide, sulla distribuzione generale e parziale delle masse terrestri, sulla costituzione interna del nostro Globo.

Rimangono così ben giustificate e l'estensione che ogni giorno di più si vuol dare alle misure di gravità e l'aspirazione degli studiosi ed sperimentatori di migliorare il grado di esattezza dei risultamenti.

Scopo modesto della presente nota si è quello di dare idea sintetica ai colti lettori della *Rivista di Astronomia* dei metodi e degli strumenti usati per le determinazioni di gravità, con particolare riguardo a quelli che maggiormente occupano oggi l'attività dei geodeti e degli astronomi.

## *A.* — Determinazioni di gravità con osservazioni pendolari

(col pendolo filare, col pendolo a reversione, col pendolo invariabile)

1. — Insegna la Meccanica che una semplice relazione analitica esiste fra le caratteristiche della costituzione materiale di un pendolo

(1) Con profondità di sapere, con elevatezza di veduta ne trattò recentemente il nostro Zanotti Bianco in un bello studio pubblicato nella *Rivista Geografica Italiana* (fascicolo di gennaio-febbraio, 1910).

(della distribuzione cioè e della quantità delle masse che lo compongono), le caratteristiche del suo moto (durata d'oscillazione, amplitudine, resistenze al moto e simili) e l'accelerazione $g$ della forza di gravità.

Quando si immagina che tutta la massa che costituisce il pendolo sia concentrata in un punto materiale soggetto alla sola forza di gravità *(punto pesante)* ed obbligato a muoversi sopra una circonferenza situata in un piano verticale (senza che a tal legame si accompagni alcuna forza), nel qual caso il pendolo così costituito è chiamato *pendolo semplice*, la relazione dimostrata dalla Meccanica è la seguente:

$$s' = \pi \sqrt{\frac{l}{g}} \left\{ 1 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 \sin^2 \frac{A}{2} + \left(\frac{1.3}{2.4}\right)^2 \sin^4 \frac{A}{2} + + + \right.$$
$$\left. + + \left(\frac{1.3 \ldots\ldots (2n - 1)}{2.4 \ldots\ldots 2n}\right)^2 \sin^{2n} \frac{A}{2} + + \right\}$$

dove $s'$ rappresenta la durata d'oscillazione, $l$ il raggio della circonferenza o, come si suol dire, la lunghezza del pendolo semplice, ed A l'amplitudine d'oscillazione: nel caso dell'*amplitudine infinitesima* la relazione diventa

$$s = \pi \sqrt{\frac{l}{g}},$$

e nel caso in cui l'amplitudine sia tanto piccola da poter trascurare, nell'ordine pratico delle approssimazioni, i termini che nella Serie scritta ne contengono potenze superiori alla terza, essa diventa

$$s' = \pi \sqrt{\frac{l}{g}} \left(1 + \frac{A^2}{8}\right). \qquad [1]$$

Nel sistema C. G. S. dovrebbe la $s$ essere espressa in secondi di tempo medio, la $l$ e la $g$ in centimetri (la A in parti di raggio).

Il pendolo semplice è realizzato in via approssimativa da una sfera pesante omogenea (di piombo) di piccolissimo volume, sospesa ad un punto fisso mediante un filo leggerissimo ed inestensibile e muoventesi nel vuoto, rimanendo soggetta soltanto alla forza di gravità: determinando di questo pendolo, che vien chiamato *pendolo filare*, mediante l'osservazione diretta, la durata d'oscillazione $s'$, l'amplitudine A e la distanza $l$

dal punto di sospensione al centro di figura (e di gravità) della sferetta, la sola incognita nell'equazione [1] è la $g$, che per tal via può essere determinata.

In pratica si incontrano difficoltà per far oscillare un tal pendolo nel vuoto, ma è possibile determinare con esperienze dirette, e con sufficiente approssimazione, la variazione che subisce la durata d'oscillazione per la circostanza che il pendolo anzichè nel vuoto oscilla in un mezzo di data densità: è quindi possibile, applicando una correzione alla durata d'oscillazione osservata in un mezzo di data densità, *ridurre l'osservazione al vuoto*. Così, se difficoltà, del resto superabili, si incontrano per far sì che fisso rimanga il punto di sospensione del pendolo semplice, con investigazioni teoriche ed osservazioni complementari, è ancora possibile ridurre la durata d'oscillazione osservata di un pendolo sospeso ad un punto non rigorosamente fisso a quella che si sarebbe osservata nel caso in cui ciò fosse avvenuto. Con l'introdurre opportune correzioni si può in tal modo ottenere dall'osservazione proprio la $s'$ della formula [1]: del pari si può determinare con sufficiente approssimazione il valore dell'amplitudine A da introdurre in quella formula.

La più grave difficoltà si presenta per la misura della lunghezza $l$ ed è spesso tale misura che allontana questo tipo di determinazioni della $g$ da quella esattezza a cui si aspira, od almeno, richiedendo in ogni caso apparecchi delicati, mal trasportabili e di installazione accuratissima, fa rientrare le applicazioni di tal metodo fra le esperienze da laboratorio esigendo anche l'intervento di abili e diligenti operatori.

Per ciò, se notevole rimane l'importanza storica delle determinazioni di gravità col pendolo filare — che fu esclusivamente impiegato fino alla metà del secolo XVIII — e se di indiscutibile valore, anche dal punto di vista determinativo, risultarono le applicazioni del metodo fattene da illustri sperimentatori — come da Bessel a Königsberg (con coppie di pendoli, uno di lunghezza doppia dell'altro) e dai nostri Pucci e Pisati a Roma (collo stesso procedimento usato da Bessel) — è ben giustificato che per le determinazioni di campagna ed anche negli Osservatori si dia oggi la preferenza ai metodi che passiamo a considerare.

2. — Quando si immagina che il pendolo sia costituito da un sistema rigido continuo di punti materiali mobile nel vuoto intorno ad un asse *fisso* orizzontale, detto *asse di sospensione*, e soggetto soltanto alla forza di gravità — nel qual caso il pendolo così costituito vien chiamato *pendolo composto* — la relazione che la Meccanica (Huyghens) dimostra

sussistere è ancora quella data pel pendolo semplice; ossia, nel caso delle amplitudini sufficientemente piccole, si ha

$$s' = \pi \sqrt{\frac{l}{g}} \left(1 + \frac{A^2}{8}\right)$$

dove s'intende che sia

$$l = \frac{I}{m\,d} = \textit{lunghezza ridotta del pendolo composto},$$

I essendo il momento d'inerzia del sistema considerato rispetto all'asse di sospensione, $m$ la massa totale del sistema stesso e $d$ la distanza del centro di gravità del sistema dall'asse di sospensione. Se si immagina il pendolo in quiete e riferito ad un sistema di assi cartesiani coll'asse delle $z$ coincidente colla verticale e l'asse delle $x$ coincidente coll'asse di sospensione, indicando con $\rho$ la densità di un elemento di spazio $dS$ del sistema considerato, si avrebbe

$$I = \int_S (y^2 + z^2)\, dS, \qquad d = \frac{\int_S z \rho\, dS}{m}.$$

Conservando il medesimo ordine d'approssimazione, ossia a meno di termini dell'ordine di $A^4$, l'espressione ora scritta di $s'$ può scriversi

$$s' - s' \frac{A^2}{8} = \pi \sqrt{\frac{l}{g}},$$

dove la correzione $- s' \frac{A^2}{8}$ rappresenta evidentemente la *riduzione all'amplitudine infinitesima* della durata d'oscillazione osservata: per la piccolezza di questa correzione, per la facilità colla quale coi dati d'osservazione può esserne calcolato il valore, possiamo considerare addirittura le durate d'oscillazione del pendolo composto ridotte all'amplitudine infinitesima, dando alle formule fondamentali la forma

$$\left.\begin{aligned} s &= \pi \sqrt{\frac{l}{g}} \\ l &= \frac{I}{m\,d} \end{aligned}\right\} [2].$$

La sostituzione, nelle determinazioni di gravità, del pendolo composto al pendolo semplice, che a prima vista sembra presentare maggior difficoltà perchè, in luogo della misura della lunghezza del pendolo semplice, vuole effettuata la determinazione sufficientemente esatta delle quantità I, $m$ e $d$ che competono al pendolo composto, può subito apparire vantaggiosa quando si tengano presenti le proprietà, dimostrate dalla Meccanica (De Prony) dell'*asse di oscillazione* del pendolo composto (di quell'asse cioè che è rappresentato da una retta condotta, parallelamente all'asse di sospensione, per un punto del pendolo situato sulla perpendicolare all'asse di sospensione la quale passa per il centro di gravità, e ad una distanza $l = \frac{I}{m\,d}$ dallo stesso asse di sospensione: è facile verificare che è necessariamente $l > d$, che cioè l'asse di oscillazione è situato, nel pendolo composto, *al di sotto* del centro di gravità).

Allorquando il pendolo presenti tale disposizione da poterlo sospendere anche pel suo asse di oscillazione in modo che questo prenda il posto dell'asse di sospensione, avviene che il primitivo asse di sospensione diviene il nuovo asse di oscillazione, il che è quanto dire che la lunghezza ridotta del nuovo pendolo composto è uguale alla primitiva $l = \frac{I}{m\,d}$: allora le durate d'oscillazione dei due pendoli composti così ottenuti sono identiche e per ambedue ha luogo la relazione

$$s = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

dove adesso $l$ rappresenta *la distanza fra i due assi — assi reciproci — che sono alternativamente asse di sospensione ed asse di oscillazione.*

Reciprocamente, se avviene che un pendolo composto abbia egual durata d'oscillazione (ridotta all'amplitudine infinitesima) oscillando intorno a due assi paralleli (situati in un piano passante pel centro di gravità), la distanza fra i due assi rappresenta la lunghezza ridotta del pendolo composto considerato.

Ne consegue che disponendo di un pendolo con due *coltelli* i cui *tagli* sieno sensibilmente prossimi a due assi reciproci di sospensione e di oscillazione e così sistemati da poter, uno almeno di essi, subire piccoli spostamenti, allorquando si riesca a dare ai due tagli tale distanza che la durata d'oscillazione del pendolo sia la medesima quando asse di so-

spensione sia indifferentemente l'uno o l'altro dei due tagli, per determinare la $g$ a mezzo della formula [2] basta determinare la durata d'oscillazione $s$ e la distanza fra i due tagli (misurabile quest'ultima col catetometro).

Contro l'applicazione pura e semplice di tal principio (che fu realizzata col *pendolo di Kater*, nel quale i due coltelli erano entrambi fissi, ma piccoli spostamenti si potevano produrre nella posizione del centro di gravità), sta la difficoltà di lasciare facilmente modificabile la distanza dei due coltelli oppure le distanze di questi dal centro di gravità, pur conservando al sistema la indispensabile rigidità: in ogni caso poi penoso riesce il precisare la posizione dei coltelli (o del centro di gravità) per la quale ha luogo la identità delle due durate d'oscillazione.

3. — Immaginiamo di avere un pendolo composto dotato di due coltelli paralleli, giacenti in un piano passante pel centro di gravità, situati da parti opposte di questo e *a distanze diverse*, e prossimi a due assi reciproci del pendolo stesso: se $d_1$ e $d_2$ sono le distanze dal centro di gravità rispettivamente del primo e del secondo asse rappresentati dai tagli dei due coltelli, la durata d'oscillazione del pendolo intorno al primo asse è espressa da

$$s_1 = \pi \sqrt{\frac{l_1}{g}},$$

ed intorno al secondo da

$$s_2 = \pi \sqrt{\frac{l_2}{g}},$$

dove è, usando notazioni di significato evidente,

$$l_1 = \frac{I_1}{m\, d_1}, \qquad l_2 = \frac{I_2}{m\, d_2}.$$

Ricordando che il momento d'inerzia di un corpo rispetto ad un asse è uguale al momento d'inerzia $I_0$ del corpo rispetto ad un asse parallelo a quello considerato, condotto pel centro di gravità aumentato del prodotto della massa del corpo pel quadrato della distanza dei due assi, possiamo anche scrivere

$$l_1 = \frac{I_0}{m\, d_1} + d_1, \qquad l_2 = \frac{I_0}{m\, d_2} + d_2:$$

se i tagli dei due coltelli coincidessero con due assi reciproci, ossia per un certo valore $d'_2 = d_2 \pm e$, sarebbe

$$l_1 = \frac{I_0}{m\, d_1} + d_1 , \qquad l'_2 = l_1 = \frac{I_0}{m\, d'_2} + d'_2 :$$

da queste due equazioni, quando non sia $d_1 = d'_2$, si deduce una relazione alla quale possiamo dare la forma

$$\frac{I_0}{m} = d_1 d'_2 = d_1 d_2 \pm \varepsilon.$$

Portando questa espressione di $\frac{I_0}{m}$ nelle $l_1$ ed $l_2$ sopra indicate e quindi nelle $s_1$ ed $s_2$, otteniamo

$$s_1^2 = \frac{\pi^2 \left(d_1 + d_2 \pm \frac{\varepsilon}{d_1}\right)}{g}$$

$$s_2^2 = \frac{\pi^2 \left(d_1 + d_2 \pm \frac{\varepsilon}{d_2}\right)}{g}.$$

ed eliminando fra queste due equazioni la quantità $\varepsilon$

$$\frac{s_1^2 d_1 - s_2^2 d_2}{d_1 - d_2} = \frac{\pi^2 (d_1 + d_2)}{g} \qquad [3].$$

Il primo membro della [3] rappresenta, come ben si vede, il quadrato della *durata d'oscillazione di un pendolo composto avente una lunghezza ridotta eguale alla distanza fra i tagli dei due coltelli.* Perciò il valore $g$ risulta determinato quando si misurino le durate d'oscillazione del pendolo fatto oscillare su ambedue i coltelli, la distanza $d_1 + d_2$ fra i due coltelli e la posizione del centro di gravità fra i due coltelli (dalla quale si deducono i valori $d_1$ e $d_2$). Allorquando, come in pratica facilmente si ottiene, è $s_1 - s_2$ abbastanza piccola da poterne trascurare le potenze superiori alla prima, alla formula [3], assumendo come variabile la $s_1 - s_2$ ed applicando lo sviluppo di Maclaurin, si può dare per comodità di calcolo la forma

$$s_1 + (s_1 - s_2) \frac{d_2}{d_1 - d_2} = \pi \sqrt{\frac{d_1 + d_2}{g}}. \qquad [3']$$

Giova osservare, ed è la formula stessa che lo mette in evidenza, che l'approssimazione colla quale praticamente si possono misurare i valori $d_2$ e $d_1 - d_2$ che compaiono nel fattore $\frac{d_2}{d_1 - d_2}$ è largamente sufficiente perchè sia nullo l'effetto degli errori residuali sul valore risultante di $g$, in confronto dell'effetto degli errori di $s_1$, $s_1 - s_2$ e $d_1 + d_2$: per ciò questi ultimi valori soltanto devono essere misurati colla massima esattezza possibile.

— Un tal metodo, concepito da Bohnenberger, trovò pratica attuazione nel *pendolo reversibile di Repsold* (nel quale fu introdotto un felice dispositivo suggerito da Bessel per eliminare o ridurre ad un minimo gli effetti della resistenza e viscosità dell'aria) ed ancora oggi è quello preferito quando si vuol procedere alla determinazione diretta del valore della gravità. Esso fu usato in Italia, a Padova, dal prof. Lorenzoni, il quale molta luce portò (1) sulle questioni teorico-pratiche concernenti cotale determinazione: esso servì di base alla recente determinazione fondamentale della gravità eseguita presso l'Istituto Geodetico Prussiano dai professori Kühnen e Furtwängler (2).

Anche in questo caso, come in quello del pendolo filare, le condizioni effettive delle determinazioni si discostano da quelle teoriche enunciate: poichè il pendolo reversibile si fa oscillare in un mezzo più o meno resistente anzichè nel vuoto, si fa oscillare intorno al taglio di un coltello di pietra dura il quale è più o meno cilindrico (e per ciò *rotola* sul piano di sostegno) anzichè intorno ad un asse matematico, si fa oscillare sospeso ad un sostegno che può essere non perfettamente rigido, e così di seguito. Ma degli effetti che sulle durate d'oscillazione producono queste ed altre consimili circostanze è possibile tenere conto adeguato con ricerche teorico-sperimentali che non presentano insormontabili difficoltà.

La determinazione della posizione del centro di gravità si esegue facilmente in modo diretto e con la sufficiente approssimazione servendosi di apposito apparato ausiliario, ed anche la determinazione delle durate d'oscillazione $s_1$ ed $s_2$, col metodo ottico-meccanico delle coincidenze e colle precise determinazioni dell'andamento degli orologi che oggi si sanno eseguire, può essere fatta con grande esattezza. La parte che nel-

(1) Vedi la « *Relazione sulle esperienze istituite nel R. Osservatorio astronomico di Padova per determinare la lunghezza del pendolo semplice a secondi* ». (Pubblicazione della R. Commissione Geodetica Italiana, 1888).

(2) Vedi la « *Bestimmung der absoluten Grösse der Schwerkraft zu Potsdam* » (Pubblicazione dell'Ist. Geod. Pruss., 1906).

l'applicazione del metodo offre grandi difficoltà e tiene i risultati che si conseguono ancora lontani dal desiderato grado di precisione, è quella che concerne la misura della distanza $d_1 + d_2$ fra i due coltelli del pendolo, per effettuare la quale risultano ancora manchevoli i più perfezionati istrumenti, i più diligenti e ben ponderati metodi, usati pure con istallazioni accuratissime e da abili esperimentatori, i quali non mancano di far tesoro dei lunghi studi e delle esperienze di Chi li precedette.

Per ciò la possibilità di applicare questo procedimento per determinare la gravità, è necessariamente limitata a pochi Osservatorî dotati di grandi mezzi di personale e di materiale; ed ancora quando nulla è trascurato per allontanare ogni causa di errore, i risultati che si ottengono sono affetti da errori medi rilevanti. Nella già ricordata determinazione di $g$ eseguita dai professori Kühnen e Furtwängler, che fino ad oggi rappresenta la più grande impresa di tal genere, furono adoperati cinque diversi pendoli reversibili (due dell'Istituto Geodetico Prussiano, due dell'Istituto Geografico Militare di Vienna e quello già usato dal prof. Lorenzoni): il valore dell'accelerazione della gravità a Potsdam ($\varphi = 52° 22'.86$ N., $\lambda = 13° 4'.06$ E. G., $h =$ metri 87) risultò

$$g = 981.274 \frac{\text{cm.}}{\text{sec.}^2} \text{ (1)}$$

con un errore medio di ben $+ 0.003 \frac{\text{cm.}}{\text{sec.}^2}$.

4. — Non certamente possono cotali determinazioni eseguibili in ristrettissimo numero, e con grandi difficoltà, contribuire alla soluzione del *Problema geodetico* per la quale assai utili possono essere le determinazioni di gravità soltanto quando sieno assai numerose e distribuite su tutta la superficie della Terra.

Ma di facile esecuzione, almeno nelle stazioni terrestri, e prezioso lume alla Geodesia Superiore riescono le ricerche gravimetriche fondate sulle osservazioni pendolari e sui principi qui ricordati, quando si voglia determinare non proprio il valore di $g$, ma il rapporto o la differenza fra il valore della gravità $g_c$ di una stazione qualunque — *stazione di cam-*

(1) Ricavando da questo valore di $g$ la lunghezza $l$ del pendolo semplice che batte il secondo (di tempo medio) a Potsdam colla formula $s = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$, risultò

$l =$ mm. $994{,}239 \pm 0{,}003$.

*pagna* — ed il valore $g_b$ di una stazione assunta come *stazione di base:* in tal caso si suol dire che si fa la *determinazione della gravità relativa.* È su questa che noi ci fermeremo alquanto, a differenza di quanto abbiamo fatto per le accennate determinazioni assolute della gravità, perchè è questa che rappresenta oggi un ragguardevole campo di attività dei geodeti di tutti i Paesi civili.

Se nella stazione di base facciamo oscillare un pendolo composto, già sappiamo che a tale fatto corrisponde l'equazione

$$s_b = \pi \sqrt{\frac{l}{g_b}} \qquad \text{dove è} \qquad l = \frac{I}{m\,d}:$$

se poi facciamo oscillare *lo stesso pendolo composto* nella stazione di campagna, ne nasce l'altra equazione

$$s_c = \pi \sqrt{\frac{l}{g_c}}:$$

e dalle due equazioni insieme, eliminandone $l$, si ha subito

$$\frac{g_c}{g_b} = \frac{s_b^2}{s_c^2} \qquad [4],$$

oppure, applicando lo sviluppo di Taylor e fermandosi, come in pratica è sufficiente, ai termini di 2° ordine in $s_b - s_c$,

$$g_c - g_b = 2\,g_b \frac{s_b - s_c}{s_b} + 3\,g_b \frac{(s_b - s_c)^2}{s_b^2} \qquad [5].$$

Le formule [4] e [5] mostrano quanto sia semplice nel principio e nell'applicazione la determinazione di gravità relativa: per eseguirla *basta determinare per le diverse stazioni le differenze fra le durate d'oscillazione di uno stesso pendolo composto.*

— Abbiamo definito il pendolo composto come un sistema rigido continuo di punti materiali mobile nel vuoto intorno ad un asse fisso orizzontale e soggetto soltanto alla forza di gravità; nel pratico esperimento non è possibile di realizzare queste circostanze nè quella, che pure è fondamentale, che il pendolo composto sia il *medesimo* o per meglio dire ch'esso abbia la medesima lunghezza ridotta, nelle diverse stazioni:

occorre per ciò investigare in qual modo e con quali approssimazioni la formula [5] diventi praticamente applicabile.

Noi vediamo anzitutto che non è necessario (come è invece per le determinazioni assolute della gravità) di applicare, alle durate d'oscillazione osservate, delle correzioni le quali implicitamente eliminino gli effetti di tutte le circostanze che allontanano il movimento del pendolo osservato da quello ideale che compete al pendolo composto da noi definito: la formula stessa ci dice che è sufficiente di applicare soltanto le *differenze di quelle correzioni* trascurando quelle correzioni o quella parte delle correzioni che sono eguali per ambedue le durate d'oscillazione $s_b$ ed $s_c$: od almeno ciò è lecito fare fino a che rimangano trascurabili in un prestabilito ordine di approssimazione i termini del tipo $2 g_b \frac{s_b - s_c}{s_b} \Delta s$, dove $\Delta s$ rappresenta una qualunque di queste correzioni. Siccome poi la formula [5] si ottiene eliminando da due precedenti equazioni la lunghezza $l$ del pendolo composto, è anche necessario ridurre le durate d'oscillazione osservate nelle due stazioni a corrispondere alla medesima lunghezza $l$.

Così il nostro studio può limitarsi a stabilire quali sono le cause, esclusa naturalmente la gravità, che fanno variare nelle due stazioni la durata d'oscillazione del pendolo osservato o alterando la lunghezza $l = \frac{I}{m d}$ o agendo direttamente sul moto del pendolo.

Questa considerazione è di capitale importanza perchè apporta semplificazioni radicali al problema, coll'eliminare la necessità di indagare quali sono le cause che allontanano il moto del pendolo osservato dal moto ideale del pendolo composto, e di stabilire le relazioni quantitative fra queste cause e la conseguente variazione delle durate d'oscillazione.

Fermo restando il limite d'approssimazione stabilito dal trascurare i termini del tipo $2 g_b \frac{s_b - s_c}{s_b} \Delta s$, possiamo dire che colla fatta considerazione è lecito dimenticare che la formula [5] ha avuto le sue origini nel pendolo composto ed applicarla direttamente al pendolo osservato, preoccupandoci soltanto di far oscillare questo nelle identiche circostanze in ambedue le stazioni o tutt'al più di ridurre le durate d'oscillazioni osservate, *alle medesime circostanze*, ogni qualvolta il mutare di queste abbia per effetto di far variare la durata d'oscillazione del pendolo (o direttamente o pel tramite della lunghezza $l = \frac{I}{m d}$).

Un tal pendolo potrebbe essere definito dalla proprietà di presentare la medesima durata d'oscillazione quando sono o si riducono eguali le circostanze nelle quali ha luogo l'oscillazione: esso è ragionevolmente chiamato *pendolo invariabile*.

— È evidente che l'esattezza della determinazione sarebbe garantita nel migliore e più semplice modo col mettere il pendolo *proprio nelle identiche condizioni* in ambedue le stazioni, chè allora, espresse le durate d'oscillazione osservate nella stessa unità di tempo (medio o sidereo od altro) col determinare l'andamento degli orologi (1), ed applicate le riduzioni — di cui già conosciamo le espressioni — all'amplitudine infinitesima (oppure, se così si volesse, ad una stessa amplitudine), non vi sarebbe da fare alcun'altra ricerca o studio, non da applicare alcun'altra correzione alle durate d'oscillazione $s_b$ ed $s_c$. Ma se ciò si può ottenere per alcune circostanze che pur sono di capitale importanza e delle quali sarebbe altrimenti assai difficile tener conto con adeguate riduzioni (ad esempio per gli attriti di rotolamento che si sviluppano fra il coltello del pendolo e il piano di sospensione, per le reazioni dei filetti fluidi del mezzo, le quali sono dipendenti dalla forma dell'ambiente nel quale oscilla il pendolo, e per altre consimili), se ancora si cerca, ed è doveroso farlo, che altre circostanze differiscano il meno possibile nelle diverse osservazioni o nei diversi gruppi di osservazioni affinchè piccole sieno le corrispondenti riduzioni a circostanze eguali, vi è per molte di esse evidente impossibilità di realizzare *in modo assoluto* la perfetta eguaglianza nelle diverse stazioni: non si può ottenere, ad esempio, che identica sia la temperatura del pendolo, la densità del mezzo, la elasticità del supporto e così via.

Per circostanze di tal genere, e soltanto per queste, si rende necessario lo studiare le leggi di variazione delle durate d'oscillazione dei pendoli in funzione delle cause perturbanti e lo stabilire le espressioni quantitative delle *riduzioni alle stesse circostanze*.

5. — Ci occuperemo in questo paragrafo di stabilire appunto le relazioni fra le variazioni delle durate d'oscillazione del pendolo osservato

---

(1) L'osservazione fornisce la durata d'oscillazione del pendolo espressa in *tempo dell'orologio* che si adopera per l'osservazione: se $k$ è l'andamento diurno di questo orologio rispetto al tempo medio (o sidereo od altro) la durata d'oscillazione espressa in tempo medio (o sidereo od altro) si ottiene da quella osservata $s_o$ applicando a questa la correzione

$$\Delta s = k \frac{s_0}{86400}.$$

e le cause perturbanti *che si conoscono e di cui si può misurare l'entità*, ossia la temperatura del pendolo, la densità dell'aria e la elasticità del supporto.

Per effetto delle variazioni di temperatura del pendolo varia la configurazione dei punti materiali che costituiscono il pendolo, varia quindi la lunghezza ridotta di questo rappresentata da $l = \frac{I}{m\,d}$, perchè cambiando le distanze dei punti materiali dall'asse di oscillazione e dal centro di gravità varia e il momento d'inerzia $I = \int_S (y^2 + z^2)\, \rho\, d\, S$ e la distanza del centro di gravità dall'asse di sospensione (che abbiamo fatto coincidere coll'asse delle $x$, mentre che l'asse delle $z$ coincide colla verticale) $d = \frac{1}{m} \int_S z\, \rho\, d\, S$. Ma anche conoscendo il coefficiente di dilatazione delle diverse parti che compongono il pendolo si comprende come sia difficile, per non dire impossibile, lo stabilire esattamente quali sieno per effetto di date variazioni della temperatura del pendolo le variazioni che avvengono in I e $d$ e quindi nella lunghezza ridotta $l$ e nella durata d'oscillazione del pendolo.

Le variazioni della densità del mezzo agiscono in diversi modi sul moto del pendolo: allorquando questo, invece che oscillare nel vuoto, oscilla in un mezzo di data densità, avviene che: 1° il pendolo muovendosi incontra una certa *resistenza diretta*, 2° diminuisce il peso del pendolo per la presenza della spinta idrostatica del mezzo, 3° per la viscosità del mezzo alcune molecole di questo accompagnano più o meno il pendolo in movimento, ne viene alterata la massa effettiva del sistema in oscillazione ed assume grande complicazione la natura delle resistenze che si sviluppano col moto del pendolo.

La semplice applicazione della Meccanica permette di stabilire l'effetto della resistenza diretta del mezzo sulla durata d'oscillazione: tale effetto, a parità di ampiezza di oscillazione è trascurabile quando tale resistenza si suppone proporzionale alla velocità del corpo in movimento, e nullo quand'essa si suppone proporzionale al quadrato della velocità: l'effetto della diminuzione dell'amplitudine prodotta dalla resistenza del mezzo è eliminato col considerare l'*amplitudine media* per il periodo delle durate d'oscillazione che si osservano. Permette anche, la Meccanica, di tener conto dell'effetto della spinta idrostatica del mezzo. Difficile riesce invece tener conto della viscosità del mezzo: e in definitiva le variazioni della durata d'oscillazione che si osservano per la presenza

di un mezzo resistente e per mutamenti nella densità di questo, mal corrispondono a quelle espresse dalle formule teoriche, per cui volendo far uso di queste è necesserio introdurre dei coefficienti sperimentali determinati caso per caso.

Finalmente la non rigidità del supporto fa sì che questo accompagni per così dire il pendolo nel suo movimento: l'asse istantaneo intorno a cui oscilla il pendolo non è più il taglio del coltello del pendolo stesso: cambia quindi la durata d'oscillazione ed in modo diverso a seconda del diverso modo col quale il sostegno accompagna il pendolo nel suo moto, a seconda cioè del diverso grado di elasticità del sostegno stesso. Anche qui lo studio teorico porta a stabilire delle formule, le quali vorrebbero dar modo di calcolare l'effetto della elasticità dei diversi sostegni sulla durata d'oscillazione del pendolo: queste formule, ottenute coll'accettare ipotesi semplificative, coll'introdurre approssimazioni che possono allontanare il fenomeno studiato da quello reale, trovano nel pratico esperimento sufficiente conferma fino a che piccole rimangono le variazioni delle durate d'oscillazione dovute all'elasticità del supporto; ma tale conferma non si ritrova sempre, specialmente quando il supporto è molto elastico. Per di più Autori diversi hanno proposto formule diverse, le quali in casi particolari e per rilevanti effetti dell'elasticità del supporto, dànno luogo a risultamenti in sensibile disaccordo.

Possiamo concludere che per quanto la Meccanica si avvicini alla soluzione del problema di assegnare le variazioni della durata d'oscillazione prodotte dalle variazioni della temperatura, della densità dell'aria e dell'elasticità del supporto, essa tale soluzione non dà in modo completo e sufficientemente esatto: od almeno delle formule teoriche bisogna fare caso per caso delle verifiche sperimentali che spesso mettono in rilievo la necessità di introdurre delle correzioni ed anche di abbandonare addirittura le formule, pur ottenute con studi e procedimenti laboriosi.

Ma per altra e più diretta via si può giungere alla desiderata soluzione, semplificando di molto e lo studio del problema e il modo di dar forma concreta alle riduzioni alla stessa temperatura del pendolo, alla stessa densità del mezzo e ad un supporto di eguale elasticità.

Se $T_0$, $D_0$, $E_0$ sono rispettivamente dei numeri che definiscono le condizioni di temperatura del pendolo, di densità dell'aria e di elasticità del supporto che si accompagnano ad una osservazione o ad un gruppo di osservazioni di durate d'oscillazione, la durata d'oscillazione $s$ del medesimo pendolo alle condizioni T, D, E, posto $\Delta T = T - T_0$, $\Delta D =$

$= D - D_0$ e $\Delta E = E - E_0$, può sempre essere espressa con una serie di Taylor rapidamente convergente così costituita:

$$s = s_0 + \Delta T \left(\frac{\partial s}{\partial T}\right)_0 + \Delta D \left(\frac{\partial s}{\partial D}\right)_0 + \Delta E \left(\frac{\partial s}{\partial E}\right)_0 +$$

$$+ \frac{\Delta T^2}{2} \left(\frac{\partial^2 s}{\partial T^2}\right)_0 + \frac{\Delta D^2}{2} \left(\frac{\partial^2 s}{\partial D^2}\right)_0 + \frac{\Delta E^2}{2} \left(\frac{\partial^2 s}{\partial E^2}\right)_0 +$$

$$+ \Delta T \Delta D \left(\frac{\partial^2 s}{\partial T \partial D}\right)_0 + \Delta T \Delta E \left(\frac{\partial^2 s}{\partial T \partial E}\right)_0 +$$

$$+ \Delta D \Delta E \left(\frac{\partial^2 s}{\partial D \partial E}\right)_0 + + +$$

dove l'indice $o$ apposto ad $s$ e ai successivi quozienti differenziali sta ad indicare che quelle funzioni corrispondono ai valori $T_0$, $D_0$, $E_0$, i quali rappresentano i particolari valori delle variabili indipendenti che qui devono essere considerati.

*(Continua).* ALBERTO ALESSIO.

---

# NOTIZIE ASTRONOMICHE

*** **La Cometa Metcalf** è stata fotografata all'Osservatorio di Colluriana nelle sere 22, 24, 25, 26 e 30 agosto u. s. e 4 settembre corrente.

Le levate fotografiche, della durata di due ore ciuscuna, si fecero col fotorefrattore Cooke, prendendo a guida le stelle del Serpente (come γ e β), presso le quali, secondo le effemeridi, doveva trovarsi l'astro, e trascurando affatto il suo movimento proprio, che fu del resto assai piccolo fino dalla prima sera di lavoro ed andò sempre diminuendo. Le prime negative mostrano perciò una traccia un po' più allungata e più debole che le ultime ottenute, ma pur sempre evidentissima.

Nella fotografia del 26 agosto la Cometa apparisce come un piccolo corpo oblungo, dai contorni assai incerti, che misura circa un millimetro nel suo maggior diametro (due o tre minuti di grado) e presenta una forte condensazione mediana della lunghezza di mezzo millimetro sopra qualche decimo di larghezza. L'allungamento del nucleo è regolare ed interamente dovuto al cammino percorso dall'immagine della Cometa sulla lastra durante la posa, ma la sfumatura che circonda la traccia lineare si protende verso Est, dove accenna ad allargarsi a guisa di piccolo ventaglio e tale carattere è costante nelle migliori prove ottenute.

Nella prova del 4 settembre la condensazione centrale è divenuta puntiforme e il diametro massimo dell'immagine non supera un terzo di millimetro, cioè un minuto d'arco. R. LUCHINI.

*** **L'Osservatorio di Atene.** — Con viva compiacenza apprendiamo che la direzione del nuovo Osservatorio di Atene sia stata offerta al nostro valoroso consocio E. M. Antoniadi, ben noto per importanti lavori su Marte, Saturno, ecc., ed attualmente direttore della *Mars-section* nell'associazione astronomica britannica.

Egli è uno dei pochissimi che portino nello studio dei pianeti uno spirito rigorosamente scientifico, onde è da prevedere che sotto la sua guida l'Osservatorio di Atene vede rinnovate la gloriosa tradizione e l'operosità del tempo di Schmidt, con importanti scoperte che sollevino i fitti veli sotto cui si nascondono ancora i particolari topografici delle superficie planetarie. *c.*

*** **Sulla minima fase visibile della Luna.** — Nelle *Monthly Notices* J. K. Fotheringham presenta uno studio basato sopra 76 osservazioni, parte vespertine, parte mattutine, sulla visibilità della falce lunare minima, eseguite da A. Mommsen e F. Schmidt ad Atene e da Giulio Schmidt ad Atene, Corinto e Troia.

Le condizioni di visibilità sono riassunte dall'autore nella tabella seguente, dove son messe in correlazione le differenze di azimut tra il Sole e la Luna e le altezze della Luna sopra l'orizzonte.

| Differenze di azimut al tramonto (o al levar) del Sole | Minima altezza vera della Luna al tramonto (o al levar) del Sole |
|---|---|
| 0° | 12°.0 |
| 5 | 11.9 |
| 10 | 11.4 |
| 15 | 11.0 |
| 20 | 10.0 |
| 23 | 7.7 |

Degna di nota è la rapida diminuzione dell'altezza quando la differenza di azimut supera i 20°.

La relazione tra le condizioni di visibilità si riassume grossolamente nella formola:

$$\text{Altezza minima} = 12^{\circ}.0 - 0^{\circ}.008\ Z^2,$$

in cui Z rappresenta la differenza di azimut espressa in gradi.

Per quanto è a conoscenza dell'A., il primo a ricercare una regola esatta per determinare la minima fase visibile della Luna fu il filosofo israelita Maimonide, nel suo trattato sulla *Santificazione della Luna nuova.* Egli faceva dipendere la visibilità da due quantità variabili: 1° la elongazione vera della Luna; 2° l'angolo di visione apparente; computando queste due quantità per un istante che segue di circa 20 minuti il tramonto del Sole. Se l'incerto significato di " angolo di visione „ esprime la differenza di distanza zenitale tra il Sole e la Luna, i risultati di Maimonide coincidono quasi perfettamente con quelli dell'A.

Le antiche civiltà orientali ritenevano in pratica visibile la Luna di prima sera quando al tramonto del Sole essa aveva più che 30 ore di età.

*** **Il Congresso solare di Monte Wilson.** — Gli studi solari hanno raggiunto da una quarantina d'anni, e specialmente in questo ultimo quarto di secolo, uno sviluppo così straordinario da richiedere non solo la costruzione di appositi Osservatori ma anche la specializzazione degli astrofisici quali in un ramo e quali in un altro del vasto campo di ricerche presentato da tali studî. Per tutto ciò e per poter seguire con osservazioni metodiche i fenomeni solari, gli astrofisici di tutto il mondo si sono riuniti in una Associazione, i cui principali rappresentanti si riuniscono ogni due o tre anni per discutere i risultati ottenuti e per elaborare il programma dei lavori da intraprendere. Un primo congresso preparatorio ebbe luogo a Saint-Louis (Stati Uniti) nel 1904; il secondo si tenne ad Oxford nel 1905; il terzo all'Osservatorio di Meudon nel 1907. Il congresso attuale si tiene all'Osservatorio di Monte Wilson, alla cui direzione sta il dotto astronomo G.-E. Hale, che la nostra Società vanta tra i suoi membri più illustri.

Il congresso sarà chiuso il 6 settembre.

Sappiamo che ad esso partecipa un altro nostro valente consocio, il prof. Annibale Riccò, direttore dell'Osservatorio di Catania.

---

## Fenomeni principali dell'Ottobre 1910.

(Tempo medio civile dell'Europa Centrale).

Ottobre 1. A $17^h$ Urano stazionario.
2. A $1^h 8^m$ Venere in congiunzione con la Luna (Venere 3° 9′ S).
2. A $5^h 45^m$ Mercurio in congiunzione con la Luna (Mercurio 5° 25′ S).
3. A $3^h 10^m$ Marte in congiunzione con la Luna (Marte 3° 3′ S).
3. A $14^h 26^m$ Mercurio in congiunzione con Venere (Mercurio 1° 55′ S).
4. A $9^h 2^m$ Giove in congiunzione con la Luna (Giove 1° 31′ S).
4. A $14^h$ Mercurio al nodo ascendente.
4. A $17^h$ Mercurio stazionario.
9. A $4^h$ Mercurio al perielio.
9. A $9^h$ Mercurio alla più grande latitudine eliocentrica N.
11. A $21^h 4^m$ Urano in congiunzione con la Luna (Urano 4° 7′ N).
11. *A $22^h$ Mercurio alla massima elongazione W* (18° 3′).
15. A $15^h$ Urano in quadratura col Sole.
15. A $20^h$ Nettuno in quadratura col Sole.
16-23. Stelle cadenti con radiante prossimo a ν Orionis (Sciame delle Orionidi).
19. A $6^h$ Giove in congiunzione col Sole.
19. A $7^h 12^m$ Saturno in congiunzione con la Luna (Saturno 1° 28′ S)
19. A $11^h$ Mercurio alla più grande latitudine eliocentrica N.
23. A $0^h 0^m$ Venere in congiunzione con la Luna (Venere 0° 45′ N).
24. A $12^h 51^m$ Nettuno in congiunzione con la Luna (Nettuno 5° 20′ S).
25. A $17^h$ Nettuno stazionario.
27. A $11^h$ Saturno in opposizione al Sole.
27. A $12^h 40^m$ Mercurio in congiunzione con Marte (Mercurio 1° 5′ N).
28. A $11^h 52^m$ Venere in congiunzione con Giove (Venere 0° 11′ N).
30. A $2^h 16^m$ Mercurio in congiunzione con Giove (Mercurio 0° 21′ N).

| *Fasi lunari:* | 3 | Ottobre, | Luna Nuova | a | $9^h\ 32^m$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | 11 | „ | Primo Quarto | „ | 14 40 |
| | 18 | „ | Luna Piena | „ | 15 24 |
| | 25 | „ | Ultimo Quarto | „ | 6 48 |

Luna apogea: 7 Ottobre a $8^h$.
Luna perigea: 19 „ „ $16^h$.

## I pianeti in Ottobre 1910.

*Mercurio* si troverà nella costellazione della Vergine e sarà osservabile, verso la metà del mese, ad Oriente, poco prima del levar del Sole.

*Venere*, nella costellazione del Leone e poi in quella della Vergine, non sarà osservabile.

*Marte* si troverà nella Vergine e non sarà osservabile.

*Giove*, nella Vergine, non sarà visibile.

*Saturno*, nell'Ariete, si potrà osservare tutta la notte. Nel mese il suo diametro polare apparente crescerà da 18",42 a 18",62, raggiungendo così il massimo valore di quest'anno. In corrispondenza la distanza del pianeta dalla Terra scenderà da 8,35 a 8,25 volte la distanza media della Terra dal Sole. È questo il mese migliore per osservarlo.

*Urano* si troverà nel Sagittario e sarà osservabile alla sera da S a SW.

*Nettuno*, nei Gemelli, si potrà osservare al mattino. V. F.

## Nuove adesioni alla Società.

Con vivo compiacimento diamo l'annunzio dell'adesione alla Società del signor *Giovanni Bertola*, Piazzetta del Teatro, Biella.

Diamo con dolore l'annunzio della morte del nostro stimato consocio **Felice Bardelli**, avvenuta in Torino il 13 agosto.

Socio fondatore della nostra Società, Egli lascia tra noi largo rimpianto per le elette virtù dell'animo e dell'ingegno.

Alla Famiglia, che ne piange la perdita dolorosa, porgiamo le nostre sentite condoglianze.

DEMARIA GIUSEPPE, *gerente responsabile*.

Torino, 1910. — Tipografia G. U. Cassone, via della Zecca, num. 11.